

**PENGUNAAN PEREKAT LIMBAH TEPUNG PORANG  
DAN TAPIOKA PADA PAPAN PARTIKEL DARI SERAT  
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN BATANG  
TEBKAU**

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

**BELLA MAURIZKA ARLIANSY**  
**NIM 165100201111066**



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**MALANG**  
**2021**



**Penggunaan Perekat Limbah Tepung Porang dan  
Tapioka pada Papan Partikel dari Serat Tandan  
Kosong Kelapa Sawit dan Batang Tembakau**

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

**Bella Maurizka Arliansy  
NIM 165100201111066**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Teknik**



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG  
2021**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul TA : Penggunaan Perekat Limbah Tepung Porang dan Tapioka pada Papan Partikel dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Batang Tembakau

Nama : Bella Maurizka Arliansy

NIM : 165100201111066

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Telah disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

  
Dr. Ir. Musthofa Lufi, MP

NIP. 19691113 199802 1 002

  
Dr. Ir. Sandra Malin Sutan, MP

NIP. 19631231 199303 1 021

**Tanggal Persetujuan:**



## LEMBAR PENGESAHAN

Judul TA : Penggunaan Perekat Limbah Tepung Porang dan Tapioka pada Papan Partikel dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Batang Tembakau

Nama : Bella Maurizka Arliansy

NIM : 165100201111066

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

  
Dr. Ir. Musthofa Luthi, MP

NIP. 19691113 199802 1 002

  
Dr. Ir. Sandra Malin Sutan, MP

NIP. 19631231 199303 1 021

Dosen Penguji,

  
Dr. Ir. Ary Mustofa Ahmad, MP

NIP. 19600806 198601 1 001

Ketua Jurusan,

  
Dr. Eng. Akhmad Adi Sulianto, STP., MT., M.Eng

NIP. 19790501 200501 1 001

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 12 Oktober 1998 dari pasangan Arief Budiman dan Erlina Sari Agustawan. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di SD Negeri 12 Rawamangun Pagi Jakarta pada tahun 2010. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 252 Jakarta dan lulus pada tahun 2013. Di tahun 2016, penulis menyelesaikan pendidikannya di SMA Negeri 36 Jakarta. Pada tahun yang sama, penulis meneruskan pendidikannya sebagai mahasiswa pada program Strata 1 (S1) melalui SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) dengan Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif menjadi asisten praktikum Sistem Kontrol pada tahun 2018-2019. Penulis juga aktif dalam Himpunan Mahasiswa Keteknikan Pertanian (HIMATETA) sebagai staf Internal dan menjabat sebagai ketua bidang Elektrik dalam Agricultural Engineering Energy Team (AGEENT) pada periode 2019. Penulis pun aktif di UKM lain seperti UKM Seni departemen Tustel pada tahun 2017. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan *volunteer* melalui *Association Internationale des Étudiants en Sciences Économiques et Commerciales* (AIESEC) di Miri, Sarawak, Malaysia pada tahun 2018.

## DEDICATION

To my parents, family and friends  
for their endless love, support and  
encouragement

***This moment, this unwavering first step,  
will mark the beginning of something great.***

—SEVENTEEN's Kim Mingyu



## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bella Maurizka Arliansy  
NIM : 165100201111066  
Jurusan : Keteknikan Pertanian  
Fakultas : Teknologi Pertanian  
Judul TA : Penggunaan Perekat Limbah Tepung Porang  
dan Tapioka pada Papan Partikel dari Serat  
Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Batang  
Tembakau

Menyatakan bahwa,

TA dengan judul diatas merupakan karya asli penulis  
tersebut diatas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini  
tidak benar, saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, Juni 2021

Pembuat Pernyataan,



Bella Maurizka Arliansy  
NIM. 165100201111066

**Bella Maurizka Arliansy. 165100201111066. Penggunaan Perekat Limbah Tepung Porang dan Tapioka pada Papan Partikel dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Batang Tembakau. Tugas Akhir. Pembimbing: Dr. Ir. Musthofa Lutfi, MP dan Dr. Ir. Sandra Malin Sutan, MP**

---

## **RINGKASAN**

Dewasa ini, ketersediaan bahan baku kayu berkurang karena terbatasnya lahan perhutanan sehingga membuat para pelaku industri kayu olahan seperti papan partikel mulai bergeser mencari alternatif bahan baku untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Bahan baku utama dalam produksi papan partikel adalah material penguat atau pengisi dan perekat. Bahan baku substitusi sebenarnya relatif mudah dicari karena bisa didapatkan dari sisa olahan produksi bahan pertanian dan perkebunan. Di Indonesia, perkebunan kelapa sawit terus mengalami perluasan areal yang sejalan dengan hasil produksi dan limbah hasil pengolahannya. Terdapat sebesar 23% limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dari total produksi minyak kelapa sawit. Serat TKKS sudah banyak digunakan sebagai material penguat komposit karena ringan namun kuat sehingga dapat dijadikan bahan baku substitusi untuk pembuatan papan partikel. Selain itu, industri produk tembakau dan rokok di Indonesia pun turut menyumbang limbah yang berlimpah. Batang tembakau merupakan limbah padat terbesar dari hasil pemanenan daun tembakau. Limbah ini mengandung lignoselulosa dengan kerapatan yang lebih rendah dari kayu namun memiliki potensi sebagai bahan pengisi (*filler*) papan partikel. Perekat yang digunakan pada penelitian ini ada dua jenis, yaitu limbah tepung porang yang belum pernah diteliti penggunaannya pada papan partikel dan perekat tapioka yang sudah lebih umum digunakan.



Dalam penelitian ini digunakan metode rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan perbandingan komposisi fraksi massa campuran partikel dengan jenis perekat. Variasi komposisi bahan yang digunakan serat TKKS dan batang tembakau dengan perbandingan 35:15%, 25:25%, dan 15:35%. Sedangkan jumlah perekat limbah tepung porang dan tapioka yang digunakan tetap yaitu 50%. Data kemudian dianalisis dengan ANOVA dan uji DMRT 5%. Seluruh pengujian fisik papan partikel memenuhi SNI 03-2105-2006. Namun dari hasil pengujian mekanik, hanya pada papan dengan komposisi serat tandan kosong kelapa sawit : batang tembakau 35:15% berperekat tapioka dan papan dengan komposisi serat tandan kosong kelapa sawit : batang tembakau 25:25% berperekat tapioka yang memenuhi nilai MOR sesuai SNI 03-2105-2006.

Kata Kunci: Batang Tembakau, Limbah Tepung Porang, Papan Partikel, Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit, Tapioka

**Bella Maurizka Arliansy. 165100201111066. Penggunaan Perekat Limbah Tepung Porang dan Tapioka pada Papan Partikel dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Batang Tembakau. Tugas Akhir. Pembimbing: Dr. Ir. Musthofa Lutfi, MP dan Dr. Ir. Sandra Malin Sutan, MP**

---

## **SUMMARY**

Nowadays, the availability of wood as raw material is decreasing due to the limited forestry land, which makes the processed wood industry such as particleboard look for alternative raw materials to meet consumer needs. The main raw materials in the production of particleboard are reinforcement or filler materials and adhesives. The substitution for raw material is relatively accessible because they can be obtained from processed agricultural and plantation production residues. In Indonesia, oil palm plantations continue to expand in line with their production and processing waste. There is 23% waste of oil palm empty fruit bunches from the total production of its oil. Empty fruit bunch (EFB) fiber has been widely used as a substitution for composite reinforcement material because they are light and strong. In addition, the tobacco and cigarette industry in Indonesia also contributes abundant waste. Tobacco stems are the largest solid waste from the harvesting of tobacco leaves. This waste contains lignocellulose with a lower density than wood but has potential as a filler of particle boards. There are two types of adhesives that are used in this study, porang flour waste that has never been studied its use on particle boards, and tapioca that has been more commonly used.

A factorial completely randomized design (CRD) method was used with a composition of the particle mixture and the type of adhesive. Variations in the composition of the EFB fiber and tobacco stems with a ratio of 35:15%, 25:25%, and 15:35%.

Meanwhile, the amount of adhesive used for porang flour waste and tapioca remains at 50%. The data were then analyzed by ANOVA and DMRT 5%. The physical properties of all the panels meet the requirements of SNI 03-2105-2006, whereas only modulus of rupture (MOR) of the panel from EFB fiber: tobacco stem 35:15% with tapioca adhesive and the panel from EFB fiber: tobacco stem 25:25% with tapioca adhesive that exceed the minimum requirement of SNI 03-2105-2006.

Key Word: Empty Fruit Bunch Fiber, Particle Board, Porang Flour Waste, Tapioca, Tobacco Stem



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **Penggunaan Perekat Limbah Tepung Porang dan Tapioka pada Papan Partikel dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Batang Tembakau**. Tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mencapai gelar sarjana Teknik.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penyusun mendapat bantuan dari beberapa pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Musthofa Lutfi, MP selaku dosen pembimbing utama yang menyempatkan waktunya dan bersedia memberikan bimbingan, saran, maupun kritik dalam proses penyelesaian proposal tugas akhir ini
2. Dr. Ir. Sandra Malin Sutan, MP selaku dosen pembimbing kedua atas kesediaannya dalam memberikan bimbingan dan masukan sehingga proposal tugas akhir ini dapat terselesaikan
3. Dr. Ir. Ary Mustofa Ahmad, MP selaku dosen penguji yang bersedia memberi pengarahan untuk memperbaiki proposal tugas akhir ini
4. Dr. Eng. Akhmad Adi Sulianto, STP., MT., M.Eng selaku Ketua Jurusan Keteknikan Pertanian Universitas Brawijaya Malang
5. Orang tua dan keluarga yang sangat membantu pemberian dukungan moral, material, dan spritual
6. Pak Udji dan Ibu Lintang selaku laboran dan pengurus Laboratorium Daya dan Mesin Pertanian Universitas Brawijaya atas bantuannya selama penulis menjalani penelitian tugas akhir
7. Nur Ainin Maulida sebagai rekan satu penelitian



8. Ajeng, Dyah, Endro, Erliana, Faisal, Fauzia, Melinda, Savira, Sukma dan Tubagus yang senantiasa menemani dan membantu penulis dalam menyusun tugas akhir

9. Semua rekan-rekan satu angkatan TEP 2016 yang telah banyak membantu menyusun tugas akhir ini

Akhir kata, penulis berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas semua kebaikan yang telah diberikan dan tugas akhir ini dapat bermanfaat baik bagi penyusun dan juga pembacanya.

Malang, Juli 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>COVER</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>iii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>vi</b>
<b>RINGKASAN</b>	<b>vii</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	5
1.5 Batasan Masalah	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
2.1 Papan Partikel	6
2.2 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit	8
2.3 Batang Tembakau	10
2.4 Perekat	12
2.4.1 Limbah Tepung Porang	13
2.4.2 Tapioka	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	<b>17</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	17
3.3 Prosedur Penelitian	17
3.3.1 Pembuatan Papan Partikel	17





3.3.2 Pengujian Papan Partikel.....	19
-------------------------------------	----

3.4 Rancangan Percobaan dan Analisis Data.....	24
--	----

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....26**

4.1 Analisis Sifat Fisik Papan Partikel.....	26
--	----

4.1.1 Kerapatan .....	26
-----------------------	----

4.1.2 Kadar Air.....	28
----------------------	----

4.1.3 Pengembangan Tebal.....	31
-------------------------------	----

4.2 Analisis Sifat Mekanik Papan Partikel.....	33
--	----

4.2.1 Modulus of Elasticity (MOE).....	34
--	----

4.2.2 Modulus of Rupture (MOR).....	37
-------------------------------------	----

4.2.3 Internal Bond (IB).....	38
-------------------------------	----

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....42**

5.1 Kesimpulan.....	42
---------------------	----

5.2 Saran.....	42
----------------	----

## **DAFTAR PUSTAKA.....43**

## **DAFTAR LAMPIRAN..... 49**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Syarat sifat fisik dan mekanik SNI 03–2105–2006 .....	7
<b>Tabel 2.2</b> Komposisi kimia serat tandan kosong kelapa sawit .....	8
<b>Tabel 2.3</b> Komposisi kimia chip, tepung, dan limbah porang .....	13
<b>Tabel 3.1</b> Rancangan acak lengkap 2 faktorial .....	25
<b>Tabel 4.1</b> Hasil uji DMRT interaksi antara komposisi dan perekat terhadap kerapatan papan partikel .....	27
<b>Tabel 4.2</b> Hasil uji DMRT faktor komposisi terhadap kadar air papan partikel .....	30
<b>Tabel 4.3</b> Hasil uji DMRT faktor perekat terhadap kadar air papan partikel .....	31
<b>Tabel 4.4</b> Hasil uji DMRT faktor komposisi terhadap pengembangan tebal papan partikel .....	32
<b>Tabel 4.5</b> Hasil uji DMRT faktor perekat terhadap pengembangan tebal papan partikel .....	33
<b>Tabel 4.6</b> Hasil uji DMRT faktor perekat terhadap MOE papan partikel .....	36
<b>Tabel 4.7</b> Hasil uji DMRT interaksi antara komposisi dan perekat terhadap MOR papan partikel .....	38
<b>Tabel 4.8</b> Hasil uji DMRT interaksi antara komposisi dan perekat terhadap IB papan partikel .....	40

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Papan partikel.....	6
<b>Gambar 2.2</b> Serat tandan kelapa sawit.....	9
<b>Gambar 2.3</b> Batang tembakau.....	11
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir prosedur penelitian .....	19
<b>Gambar 3.2</b> Pola pemotongan uji .....	20
<b>Gambar 3.3</b> Pengujian MOE dan MOR .....	22
<b>Gambar 3.4</b> Pengujian internal bonding .....	23
<b>Gambar 4.1</b> Grafik rata-rata kerapatan papan partikel.....	26
<b>Gambar 4.2</b> Grafik rata-rata kadar air papan partikel.....	29
<b>Gambar 4.3</b> Grafik rata-rata pengembangan tebal papan partikel.....	32
<b>Gambar 4.4</b> Grafik rata-rata MOE papan partikel .....	34
<b>Gambar 4.5</b> Grafik rata-rata MOR papan partikel .....	37
<b>Gambar 4.6</b> Grafik rata-rata internal bond papan partikel .....	39



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Perhitungan kebutuhan massa bahan baku .....	49
<b>Lampiran 2.</b> Prosedur pengukuran dimensi contoh uji.....	50
<b>Lampiran 3.</b> Nilai kerapatan dan kadar air papan partikel .....	51
<b>Lampiran 4.</b> Nilai pengembangan tebal papan partikel .....	53
<b>Lampiran 5.</b> Nilai modulus of elasticity (MOE) papan .....	55
<b>Lampiran 6.</b> Nilai modulus of rupture (MOR) papan partikel.....	57
<b>Lampiran 7.</b> Nilai internal bond (IB) papan partikel.....	59
<b>Lampiran 8.</b> Analisis sidik ragam kerapatan papan papan partikel.....	61
<b>Lampiran 9.</b> Analisis sidik ragam kadar air papan papan partikel.....	62
<b>Lampiran 10.</b> Analisis sidik ragam pengembangan tebal papan partikel .....	63
<b>Lampiran 11.</b> Analisis sidik ragam MOE papan papan partikel .....	64
<b>Lampiran 12.</b> Analisis sidik ragam MOR papan papan partikel .....	65
<b>Lampiran 13.</b> Analisis sidik ragam IB papan papan partikel .....	66
<b>Lampiran 14.</b> Dokumentasi penelitian .....	67

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Bertambahnya jumlah penduduk dan perkembangan industri khususnya industri kayu olahan menyebabkan kebutuhan akan bahan baku kayu juga meningkat. Namun hal ini tidak seimbang dengan lahan pemanfaatan hutan produksi yang terus mengalami penurunan, sehingga pasokan pun relatif menurun. Hal ini dipicu oleh adanya deforestasi pengalihan lahan hutan untuk pemukiman, terjadinya kebakaran hutan, dan ekspansi lahan untuk perkebunan sawit. Para pelaku industri akhirnya mulai bergeser mencari alternatif bahan baku ke hutan rakyat dan hutan tanaman atau bukan kayu (non-kayu), sedangkan kayu alam hanya digunakan untuk produk bernilai tinggi. Untuk mensubstitusi bahan baku kayu, limbah padat berlignoselulosa yang jumlahnya berlimpah dari pengolahan industri dapat dimanfaatkan menjadi salah satu produk kayu olahan seperti papan partikel. Dalam pembuatan papan partikel, campuran partikel kayu maupun bahan berlignoselulosa lainnya direkatkan dengan perekat dan ditekan menjadi lembaran atau panel.

Kelapa sawit merupakan komoditas utama perkebunan di Indonesia yang menopang ekonomi negara, dimana Indonesia adalah produsen dan eksportir minyak sawit terbesar di dunia. Indonesia memiliki luas areal perkebunan kelapa sawit sebesar 14.048.722 hektar dengan hasil produksi minyak kelapa sawit mencapai 37.965.224 ton. Diperkirakan pada tahun 2019, areal tersebut terus melonjak menjadi 14.677.560 hektar dan menghasilkan sekitar 42.869.429 ton minyak kelapa sawit (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2017). Dalam pengolahan kelapa sawit menjadi minyak sawit, pasti menghasilkan limbah cair, gas dan padat. Salah satu limbah padat yang dihasilkan

adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang pemanfaatannya masih terbatas sebagai pupuk, media penanaman jamur atau tanaman dan bahan bakar boiler, namun masih ditemukan limbah ini dibiarkan menumpuk dalam jumlah besar. Limbah TKKS didapatkan pada setiap pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit yang menghasilkan 23% TKKS. Dalam menanggulangi penumpukan limbah, serat TKKS yang kuat dan mengandung lignoselulosa tinggi saat ini mulai banyak dikembangkan menjadi material natural fibre sebagai penguat dan pengisi komposit, pulp, dan kertas.

Di Indonesia, tembakau merupakan komoditas ekspor unggulan yang bernilai jual tinggi. Dalam budidaya tanaman tembakau dan industri pengolahan produk tembakau dan rokok, menghasilkan produk sampingan (by-product) berupa limbah padat yang pemanfaatannya belum optimal seperti batang, gagang, bunga, biji, daun tembakau bermutu rendah dan debu tembakau. Biasanya dalam industri pengolahan tembakau, batang dibiarkan menumpuk di lahan dan dibiarkan begitu saja atau digunakan sebagai bahan bakar. Namun saat ini mulai dilakukan diversifikasi produk dalam berbagai kebutuhan seperti minyak atsiri, asap cair, briket dan biopellet. Walaupun kerapatan dan kandungan lignoselulosanya lebih rendah daripada kayu, batang tembakau tetap mempunyai potensi untuk menjadi bahan baku dalam pembuatan papan partikel. Tembakau dengan kandungan nikotinnya pun dapat menjadi bahan pengawet alami papan partikel agar terbebas dari rayap kayu. Selain mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan, pemanfaatan limbah pertanian dan perkebunan ini dapat membuka peluang usaha di daerah-daerah penghasil kelapa sawit dan tembakau di Indonesia, seperti misalnya di Riau dan Temanggung. Dengan itu, sumber bahan baku didapatkan lebih mudah dengan harga



yang kompetitif sehingga kesejahteraan serta pendapatan daerah-daerah tersebut pun bisa meningkat.

Matriks atau perekat merupakan bahan pembantu utama yang berperan dalam mengikat sejumlah partikel sekaligus mengisi pori-pori sehingga menjadi sebuah papan yang kompak. Umumnya papan partikel diproduksi dengan perekat sintetis berbasis formaldehida, seperti urea formaldehida (UF), melamin formaldehida (MF), dan phenol formaldehida (PF). Keunggulan dari perekat sintetis adalah lebih kuat, lebih kokoh, dan lebih tahan lama dalam kemasan. Namun, bahan penyusunnya yang berupa polimer sintetis tidak dapat terdegradasi dengan adanya emisi formaldehida yang berbahaya untuk kesehatan dan tidak ramah lingkungan. Sebelum perekat sintesis digunakan secara luas oleh industri, perekat ramah lingkungan yang berasal dari tumbuhan seperti tepung tapioka dan tepung ketan sendiri sebenarnya sudah banyak digunakan. Perekat tapioka dengan komposisi 50% menjadi acuan pada penelitian ini. Namun juga dibandingkan dengan papan berperekat hasil produk sampingan pemurnian tepung glukomanan dari umbi porang atau limbah tepung porang. Penelitian penggunaan limbah tepung porang sebagai perekat papan partikel belum pernah dipublikasikan atau diteliti sebelumnya.

Sifat higroskopis dari kandungan hemiselulosa yang tinggi pada bahan baku dapat menurunkan stabilitas dimensi papan partikel yang dihasilkan (Maulana *et al.*, 2015). Selain itu, kekurangan dari penggunaan perekat alami adalah ketahanannya terhadap kelembaban yang rendah dan mudah ditumbuhi jamur ataupun bakteri. Pada umumnya, agen penolak air (hidrofobik) seperti parafin digunakan sebagai bahan aditif dalam produksi komposit karena mudah diperoleh, tidak membahayakan lingkungan, efektif mengawetkan produk dan dapat meningkatkan sifat fisik produk kayu (Chau *et al.*, 2015).

Penggunaan limbah tembakau pada papan partikel dari campuran kayu sengon dan batang tembakau pernah diteliti oleh Acda dan Rico (2013), dimana kualitas sifat fisik dan sifat mekanik papan partikel semakin menurun seiring dengan bertambahnya komposisi batang tembakau dan tidak memenuhi standar sesuai ASTM D 1037 (1995). Pada penelitian tersebut belum digunakan parafin sebagai agen hidrofobik. Menurut penelitian dari Pardosi *et al.* (2012) penambahan parafin cair terbaik ada pada kadar 4% dari berat kering bahan baku yang terbukti dapat mengurangi pengembangan tebal papan komposit dari sekam padi hingga mencapai 1,76% - 0,86%.

Papan partikel dalam penelitian ini akan dicetak dengan press ulir bertekanan 50 kg/cm<sup>2</sup> dan pengeringan oven. Waktu tekan press ulir ditentukan selama 1 jam. Pengeringan oven dilakukan karena mempertimbangkan proses pemanasan yang lebih merata dibandingkan dengan penggunaan hot press (Andini *et al.*, 2019). Sebelum papan partikel ini dapat diproduksi lebih lanjut, diperlukan penelitian dalam mengkomposisikan serat tandan kelapa sawit dan batang tembakau berdasarkan fraksi massanya dengan limbah tepung porang atau tapioka sebagai perekatnya yang kemudian dievaluasi sifat fisik dan mekaniknya sesuai standar pada SNI 03-2105-2006.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana sifat fisik dan mekanik papan partikel dari serat tandan kosong kelapa sawit dan batang tembakau berperekat limbah tepung porang dan tapioka?
2. Bagaimana hasil pengujian fisik dan mekanik jika dievaluasi dengan SNI 03-2105-2006?

## **1.3 Tujuan**

1. Menguji spesimen untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik dari papan partikel campuran serat tandan kosong kelapa

sawit dan batang tembakau dengan perekat limbah tepung porang dan tapioka

2. Mengevaluasi sifat fisik dan mekanik papan partikel yang mengacu pada SNI 03-2105-2006

#### **1.4 Manfaat**

1. Dapat dijadikan alternatif substitusi bahan baku kayu dengan limbah bukan kayu bagi industri pengolahan kayu
2. Memberikan informasi dalam pengembangan diversifikasi produk komposit yang ramah lingkungan dan bernilai jual dari limbah atau *by-product* hasil pengolahan industri
3. Menjadi referensi bagi pihak akademisi dalam mengembangkan papan partikel atau jenis komposit lainnya

#### **1.5 Batasan Masalah**

1. Pengujian sifat fisik dan sifat mekanik mengacu pada SNI 03-2105-2006
2. Tidak dilakukan pengamatan secara mikroskopis
3. Tidak dilakukan pengujian ketahanan papan partikel terhadap jamur dan rayap



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Papan Partikel

Papan partikel adalah produk komposit panel yang terbuat dari kayu atau limbah kayu dengan ukuran beragam seperti *flakes*, *chips*, *strands*, wol kayu, serbuk gergaji, maupun bahan yang mengandung lignoselulosa lainnya. Gabungan dari bahan tersebut direkatkan dengan perekat alami atau sintetis yang kemudian dipadatkan dengan perlakuan pengempaan untuk digunakan pada konstruksi bangunan, furniture ataupun dekorasi. Papan partikel yang dapat dilihat pada **Gambar 2.1**, memiliki beberapa keunggulan, yaitu tahan api, bahan isolasi dan akustik yang baik, dapat menghasilkan bidang yang luas, pengerjaannya mudah dan cepat. Keunggulan lainnya terletak pada penyusutannya yang kecil pada lebar dan panjangnya, namun papan partikel sangat peka terhadap pengembangan ketebalan (Frick dan Moediartianto, 2004).



**Gambar 2.1** Papan partikel

Dalam memproduksi papan partikel, terdapat beberapa faktor yang memberikan perbedaan yang signifikan terhadap sifat atau karakteristik dari papan partikel, yaitu geometri dan ukuran

partikel yang digunakan, jenis dan jumlah perekat, dan target kerapatan (Abdul dan Rozman, 2004). Bahan baku produksi juga dapat mempengaruhi kualitas dari papan partikel, seperti jenis bahan lignoselulosa, kadar air bahan, kerapatan bahan, zat ekstraktif yang terkandung dalam bahan, dan sebagainya. Proses pembuatan seperti kondisi pengempaan pun dapat mempengaruhi kualitas dari papan partikel (Nemli dan Damirel, 2007). Faktor-faktor tersebut dapat diatur untuk menghasilkan papan partikel dengan kualitas yang sesuai dengan kebutuhan produksi dan mencapai spesifikasi yang diperlukan.

Cacat, ukuran, sifat fisik dan sifat mekanik papan partikel merupakan parameter yang dapat menduga kualitas papan partikel yang dihasilkan. Ada beberapa standar papan partikel yang bisa menjadi acuan, yaitu *Japanese Industrial Standard* (JIS), *European Standard* (EN), *British Standard* (BS), dan *American Standard of Testing Materials* (ASTM). Dari semua standar yang ada, terdapat perbedaan dalam hal kriteria, cara pengujian dan persyaratannya. Dalam penelitian ini digunakan SNI 03-2105-2006 yang mengadopsi JIS A 5908-2003, dimana jenis papan partikel yang akan dibuat adalah papan partikel biasa. Berdasarkan standar tersebut, maka syarat yang harus dipenuhi mengacu pada **Tabel 2.1**.

**Tabel 2.1** Syarat sifat fisik dan mekanik dalam SNI 03-2105-2006

	Tipe	A	B	C	D	E	F
Biasa/ dekora tif	18				$\geq 184$	$\geq 30600$	$\geq 3,1$
	13	0,4 -	$\leq 14$	$\leq 12$	$\geq 133$	$\geq 25500$	$\geq 2,0$
	8	0,9			$\geq 82$	$\geq 20400$	$\geq 1,5$

Keterangan: A = kerapatan ( $\text{g/cm}^3$ ); B = kadar air (%); C = pengembangan tebal (%); D = modulus patah/modulus of rupture (MOR) ( $\text{kg/cm}^2$ ); E = modulus elastisitas/modulus of elasticity (MOE) ( $\text{kg/cm}^2$ ); F = keteguhan internal bonding (IB) ( $\text{kg/cm}^2$ )

## 2.2 Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas utama perkebunan Indonesia yang jumlah produksinya selalu meningkat dari tahun ke tahun. Peningkatan jumlah produksi ini menyebabkan meningkatnya limbah padat hasil sampingan olahan industri kelapa sawit seperti tandan kosong sawit (TKKS), cangkang, dan serat. Diperkirakan sekitar 23 - 25% TKKS didapatkan dari proses pemipilan tandan buah segar (TBS). Tandan kosong kelapa sawit mengandung serat sebanyak 72.67%, dimana serat ini memiliki komposisi yang dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Komposisi kimia serat tandan kosong kelapa sawit

Komponen	Nilai (%)
Selulosa	42,6 - 65
Lignin	13,2 - 25,31
Hemiselulosa	17,1 - 33,5
Holoseululosa	68,3 - 86,3
Kadar Abu	1,3 - 6,04
Kelarutan dalam air panas	2,8 - 14,79
Kelarutan dalam air dingin	8 - 11,46
Kelarutan dalam larutan alkali	14,5 - 31,17

Sumber: Shinoj *et al.*, 2011

Pada umumnya, tandan kosong kelapa sawit dijadikan mulsa dan pupuk kompos yang dimanfaatkan kembali menjadi pupuk pada perkebunan kelapa sawit tersebut. Serat TKKS bisa diperoleh setelah melalui proses mekanik menggunakan mesin *empty bunch press/crusher*. Mesin ini mencacah TKKS menjadi serabut yang mudah terurai yang dapat dilihat pada **Gambar 2.2** untuk diproses kembali menjadi pupuk. Hal tersebut juga dilakukan untuk memperoleh minyak yang masih terkandung pada TKKS (Sianturi, 2014). Hingga saat ini, serat TKKS terus dikembangkan menjadi bahan dasar yang lebih berguna dalam proses industri lainnya, seperti penguat material komposit.



Kerapatan dari serat TKKS sebesar 0,13-0,15 g/cm<sup>3</sup> dengan kuat tariknya yang mencapai 1000 kg/cm<sup>2</sup>, membuat produk komposit menjadi ringan, memiliki kekuatan mekanik tinggi, tidak mudah korosi, dan ramah lingkungan (Agustina *et al.*, 2016).



**Gambar 2.2** Serat tandan kosong kelapa sawit

Salah satu upaya untuk mengurangi limbah serat TKKS adalah dengan membuat biokomposit. Sudah banyak penelitian yang menggunakan bahan ini sebagai campuran pada papan partikel. Papan buatan limbah TKKS (ukuran 0,1-2 cm) dan serbuk gergajian kayu galam ber perekat PVAc dari penelitian Astutik *et al.* (2020) memiliki nilai kadar air dan kerapatan yang memenuhi SNI 03-2105-2006. Sedangkan untuk pengembangan tebal hanya pada komposisi 100% kayu galam, 75% kayu galam: 25% TKKS dan 50% kayu galam: 50% TKKS. Komposisi bahan baku berpengaruh nyata pada sifat fisik papan tersebut. Kemudian papan partikel dari serat TKKS 100% menghasilkan modulus of elasticity (MOE), modulus of rupture (MOR), kuat cabut sekrup dan internal bond masing-masing sebesar 1594,88 kg/cm<sup>2</sup>, 18,08 kg/cm<sup>2</sup>, 31,34 kg/cm<sup>2</sup> dan 0,86 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk memperbaiki sifat mekaniknya dapat ditambahkan dengan 50% serbuk kayu (Purwanto, 2016). Ditemukan pada penelitian Saad

et al (2018) sifat mekanik dari papan partikel dari serat TKKS semakin menurun dengan bertambah panjangnya serat yang digunakan. Pada serat ukuran 0.1-1 cm, didapatkan nilai sifat mekanik tertinggi yaitu, MOR sebesar 21.12 MPa, MOE sebesar 1710.86 MPa dan IB sebesar 0.3 MPa. Ukuran serat juga berpengaruh terhadap kadar airnya, karena semakin panjang seratnya maka kadar airnya menurun. Sedangkan untuk kerapatan tidak dipengaruhi oleh ukuran serat.

### 2.3 Batang Tembakau

Tembakau merupakan produk pertanian yang umumnya dimanfaatkan untuk produksi rokok. Limbah atau *by-product* tembakau biasa ditemukan pada saat pemanenan tembakau dan pada proses pengolahan produk rokok. Hanya daun dengan kualitas baik dipanen dan diolah lebih lanjut sedangkan bagian tanaman lainnya (batang, tulang daun, daun berkualitas rendah dan debu) tidak dipanen. Pemanfaatan limbah padat hasil pengolahan tembakau lebih banyak dikembangkan menjadi insektisida dan pestisida untuk mengendalikan hama pada tanaman karena adanya kandungan nikotin yang tinggi pada limbah tersebut (Siswoyo et al., 2018). Untuk mencegah penumpukan yang berlebih, Indonesia telah mengembangkan diversifikasi produk tembakau seperti daun tembakau untuk biopestisida, minyak atsiri dalam parfum dan rontokan daun tembakau di gudang sebagai kompos (Nurnasari dan Subiyakto, 2018).

Batang tembakau merupakan salah satu limbah padat dengan jumlah terbesar pada industri tembakau dan rokok. Dari populasi per hektar lahan yang berkisar 22.000 pohon dan perkiraan berat batang tembakau 0,5 kg, maka akan tersedia 2 juta ton lebih limbah batang tembakau di Indonesia (Handayani, et al., 2018). Limbah yang ada pada **Gambar 2.3** ini, biasanya hanya dicabut hingga akarnya, ditumpuk disekitar lahan

tembakau dan apabila sudah kering hanya dilakukan pembakaran. Batang tembakau memiliki struktur yang mirip seperti kayu. Kerapatan material dari batang tembakau relatif rendah yaitu sekitar  $0,26-0,35 \text{ g/cm}^3$ , sehingga biasanya digunakan untuk pembuatan pulp dan kertas. Kandungan yang terdapat pada batang tembakau yaitu 67,79% holoselulosa, 39,20% alfaselulosa, 18,90% lignin dan 6,86% abu (Shakhes *et al.*, 2014). Selain itu, kandungan zat aktif seperti nikotin juga bisa menjadi racun bagi rayap yang biasanya menyerang produk kayu dan komposit kayu.



**Gambar 2.3** Batang tembakau

Beberapa penelitian untuk mengurangi limbah ini telah dilakukan dalam pengembangan berbagai model papan komposit. Jimenez dan Acda (2018) menambahkan serbuk batang tembakau (ukuran 200 mesh) sebanyak 4-8% ke dalam campuran perekat urea formaldehida dan menghasilkan kayu lapis dengan kekuatan yang lebih tinggi. Maka batang tembakau berpotensi dikembangkan menjadi ekstender dan filler dalam formulasi perekat. Keuntungan lainnya yaitu harganya murah, kuat, ringan, dan tidak abrasif. Acda dan Rico (2013) juga telah meneliti penambahan serbuk batang tembakau (ukuran 4 mesh) pada papan partikel. Campuran lainnya adalah kayu sengon



dengan urea formaldehida sebagai perekatnya. Sifat mekanik seperti internal bond, kekakuan and kekuatan dengan papan yang terdapat batang tembakau didalamnya tidak memenuhi standar EN 312-2 (1996). Namun terbukti pada papan partikel dengan 25-100% batang tembakau lebih tahan rayap dibandingkan papan partikel yang hanya terbuat dari 100% kayu sengon. Dalam penelitian Rad dan Narooei (2019), dengan mencampurkan 60% serbuk batang tembakau dan 40% serbuk kayu menggunakan 12% perekat urea formaldehida dapat menghasilkan papan partikel yang sesuai dengan European standard (EN).

## 2.4 Perekat

Perekat (*adhesive*) adalah suatu zat yang dapat menggabungkan dua benda melalui ikatan permukaan, yang juga bisa menjadi alternatif untuk proses sambungan menggunakan *fastener* (pengikat), seperti paku, baut, sekrup, dan rivet. Perekat dapat berbentuk cairan tipis, pasta, *film*, bubuk, *tape* atau padatan. Perekat dibuat sesuai kebutuhan dan daya rekatnya, dari yang daya rekatnya lemah seperti lem kertas hingga perekat mobil dan pesawat dengan daya rekat struktural yang tinggi (Dunn, 2004). Polimer organik merupakan unsur kimia utama yang terdapat di dalam semua formulasi perekat, sehingga perekat dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu (Lempang, 2016):

### 1. Perekat Alami

Perekat alami dapat mengandung polisakarida atau protein, polimer alami berberat molekul tinggi yang berasal dari hewan atau tumbuhan. Darah, kulit, kanji, kedelai, pati, getah, lateks, lignin, dekstrin, dan perekat selulosa adalah bagian dari polimer alami.

### 2. Perekat Sintesis

Perekat sintesis terbagi menjadi perekat termoplastik dan perekat termosetting. Perekat termoplastik terdiri dari polimer

berantai panjang yang lunak dan mengalir jika dipanaskan dan mengeras kembali bila dingin, seperti emulsi polivinil asetat yang elastis, kontak, dan meleleh waktu panas. Sedangkan perekat termosetting menghasilkan kerekatan struktural yang sangat kuat. Hal itu disebabkan oleh sifatnya yang irreversible, jika ada pemanasan kembali, perekat ini tidak melunak dan mengalir lagi. Jenis perekat termosetting antara lain urea, phenol, melamin, resorsinol, isosianat dan epoksi.

#### 2.4.1 Limbah Tepung Porang

Tepung porang merupakan produk olahan umbi porang (*Amorphophallus oncophyllus* dan *Amorphophallus muelleri* Blume) yang memiliki kandungan glukomanan cukup tinggi sangat berguna dalam industri pangan, nonpangan, maupun kesehatan. Komposisi dari tepung porang kasar dapat dilihat pada **Tabel 2.3**.

**Tabel 2.3** Komposisi kimia chip, tepung, dan limbah porang

Kandungan	Chip Porang <sup>a</sup>	Tepung Porang setelah Pemurnian Mekanis <sup>a</sup>	Limbah Tepung Porang*
Glukomanan (%)	37,54	67,5	-
Pati (%)	16,21	2,65	≤ 13
Protein (%)	4,5	2,4	≤ 2
Lemak (%)	3,14	1,5	≤ 1,5
Abu (%)	7,73	2,3	≤ 5
Kalsium Oksalat (%)	6,11	0,22	≤ 5

Sumber: <sup>a</sup>Faridah, *et al.*, 2012, \*perkiraan dari selisih sesudah dan sebelum pemurnian

Kalsium oksalat yang terkandung pada tepung porang menyebabkan rasa gatal apabila dikonsumsi secara langsung. Pengolahan tepung porang saat ini banyak dilakukan secara mekanis yaitu dengan penumbukan karena biayanya yang murah dan juga sangat efektif dalam

memisahkan kandungan glukomanan dari kandungan non-glukomanan (kalsium oksalat, pati, dan protein). Setelah melalui proses penumbukan dengan mesin seperti *hammer mill*, *stamp mill*, ataupun *ball mill*, selanjutnya pemisahan dilakukan dengan *cyclone separator*. *Blower* digunakan karena glukomanan mempunyai berat serta ukuran partikel terbesar, dan bertekstur lebih keras dibandingkan dengan komponen tepung porang lainnya. Hembusan udara yang dialirkan pada tepung menyebabkan kandungan non-glukomanan terhembus keluar sedangkan glukomanan akan turun ke bawah, sehingga nantinya didapatkan tepung porang yang mengandung kadar glukomanan yang tinggi dengan kalsium oksalat yang rendah (Widjanarko *et al.*, 2015).

Proses pengolahan tepung porang tersebut menghasilkan produk sampingan (*by-product*) non-glukomanan yang menumpuk dan belum dimanfaatkan sama sekali. Padahal kandungan patinya berpotensi untuk dijadikan matriks alami sekaligus bahan *filler* atau pengisi dalam komposit. Pati sendiri mengandung amilosa dan amilopektin. Sifat keras dihasilkan oleh amilosa sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket. Amilosa berperan dalam membuat film dan gel yang kuat sedangkan amilopektin membentuk sifat viskoelastis (Wirawan *et al.*, 2017).

#### **2.4.2 Tapioka**

Tapioka merupakan produk tepung dari pati singkong yang telah diekstrak. Tapioka termasuk salah satu sumber karbohidrat yang melimpah, murah dan mudah didapat. Kegunaannya sangat menguntungkan sebagai bahan pembantu dalam berbagai industri. Pati pada tapioka tersusun dari komposisi amilosa sebesar 12,28-27,38% dan



kadar amilopektin sebesar 72,61-87,71% (Faijah, *et al.*, 2020). Karakteristik dari tapioka yang baik antara lain adalah viskositas rekat tinggi, kemurnian larutan tinggi, dan stabilitas pembekuan tinggi (Hapsoro, 2010). Tapioka dapat dijadikan bahan perekat karena kandungan selulosa di dalamnya mudah terikat dengan air, dengan suhu gelatinisasinya diperkirakan 61 – 78°C. Granula tapioka memiliki bentuk agak bulat dengan ukuran  $\pm 20 \mu\text{m}$  dan pada salah satu ujungnya berbentuk kerucut (Tharukliling, 2013).

Bahan perekat tapioka saat ini banyak digunakan dalam industri biokomposit, khususnya briket dan biopelet. Misalnya, pada penelitian Pane, *et al.* (2015) yang membandingkan konsentrasi tapioka dan penambahan kapur dalam briket arang pelepah aren. Keteguhan tekan terbaik pada briket didapatkan dari konsentrasi tapioka terbesar yaitu 30%. Sehingga semakin tinggi konsentrasi tapioka, maka keteguhan tekannya semakin bertambah.

Selain itu juga telah dilakukan beberapa penelitian penggunaan tapioka sebagai perekat papan partikel dari berbagai limbah pertanian. Penelitian-penelitian ini terfokus pada komposisi bahan baku partikel dengan perekatnya. Nurdin, *et al.* (2014) mengembangkan model papan partikel dengan kerapatan sebesar  $0,44 \text{ g/cm}^3$  dari komposisi ampas tebu dan perekat tapioka 50:50%. Pada penelitian Nurdin, *et al.* (2016), dengan bertambahnya komposisi perekat tapioka pada papan partikel ampas tebu menunjukkan peningkatan pada sifat fisik dan mekanisnya. Kemampuan papan partikel dengan komposisi ampas tebu (14 mesh) dan perekat tapioka 40:60% memiliki *modulus of rupture* (MOR) tinggi sebesar  $3,67 \text{ kg/cm}^2$  dan *modulus of elasticity* (MOE) sebesar  $583,09 \text{ kg/cm}^2$ . Selanjutnya Waryati *et al.* (2017) membuat papan komposit dari serabut kelapa dan perekat

tapioka. Didapatkan pada papan dengan jumlah perekat tapioka terbanyak yaitu komposisi 50:50%, sifat mekaniknya bertambah besar. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Fitra *et al.* (2019) dengan komposisi 60% partikel serat pinang (30 mesh) dan 40% perekat tapioka, menghasilkan papan partikel dengan sifat fisik yang memenuhi SNI 03-2105-2006 dengan sifat mekanik terbaik. Masing-masing nilai MOE, MOR dan kuat pegang sekrapnya adalah 4761,68 kg/cm<sup>2</sup>, 73,31 kg/cm<sup>2</sup> dan 12,88 kg. Dapat disimpulkan bahwa semakin banyak perekat yang digunakan, ikatan antar partikel akan semakin kompak dan kelenturannya meningkat. Sehingga komposisi partikel/serat dan perekat tapioka 50:50%, penggunaan serbuk batang tembakau sebesar >30 mesh dan serat tandan kelapa sawit sebesar ≤1 cm dijadikan sebagai acuan pada penelitian ini.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan selama Oktober 2020 – Maret 2021 di Laboratorium Daya dan Mesin Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari timbangan digital, baskom, wadah kotak plastik, mesin perajang plastik, ayakan 30 mesh, pengaduk, cetakan berukuran 22 x 22 x 2 cm, penggaris, press ulir, dongkrak hidrolik, gergaji, oven, mikrometer sekrup digital, dan *Universal Testing Machine* (UTM). Sedangkan bahan-bahan yang diperlukan terdiri dari serat tandan kosong kelapa sawit yang didapatkan dari PT Perkebunan Nusantara VI Jambi, serbuk batang tembakau yang didapatkan dari PT Perkebunan Nusantara X Jember, limbah tepung porang dari Pilot Plant Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya, air, parafin cair, aluminium foil dan balok kayu.

#### **3.3 Prosedur Penelitian**

##### **3.3.1 Pembuatan Papan Partikel**

###### **a. Persiapan Bahan Baku**

Bahan baku serat TKKS sebelumnya disortir terlebih dahulu dan direndam di dalam air dingin selama 24 jam untuk menghilangkan zat ekstraktif, terutama CPO (Crude Palm Oil) dan kotoran yang masih menempel. Selanjutnya dijemur dengan sinar matahari hingga kering udara. Setelah itu, serat TKKS dirajang dengan ukuran  $\leq 1$  cm menggunakan mesin perajang plastik. Sedangkan serbuk batang tembakau yang digunakan adalah yang lolos ayakan 30 mesh. Pengeringan bahan selanjutnya



dilakukan menggunakan oven dengan suhu 80°C hingga kadar air 2-5%.

b. Pencampuran Bahan Baku

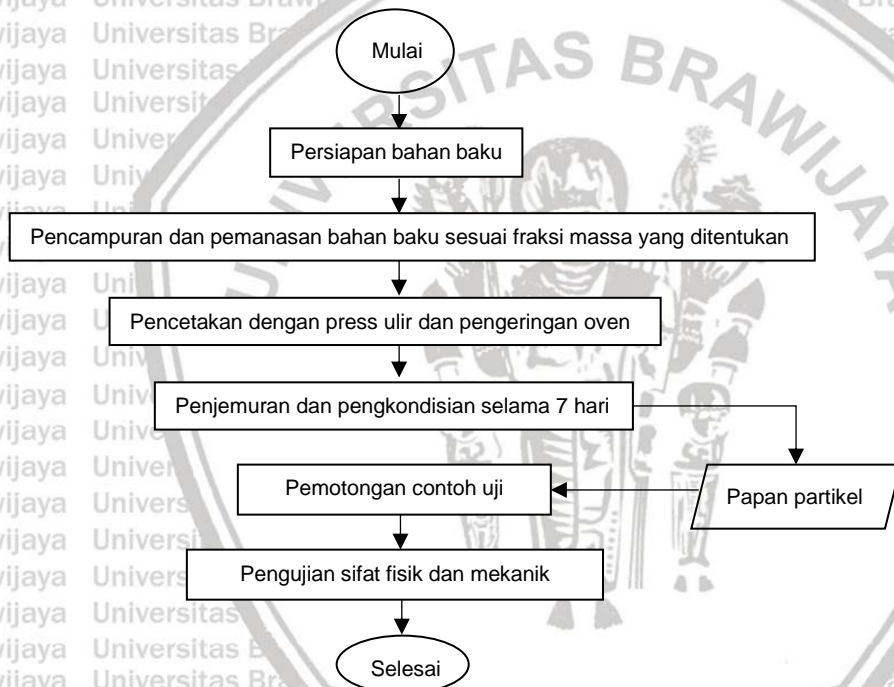
Dengan cetakan berukuran 22 x 22 x 2 cm, papan dibuat dengan tebal sebesar 1 cm dan kerapatan 0,7 g/cm<sup>3</sup>. Sehingga diperlukan bahan sebesar 338,8 g. Komposisi fraksi massa (dalam %) serat TKKS dan serbuk batang tembakau yang digunakan adalah 35:15, 25:25 dan 15:35. Kemudian dicampur dengan limbah tepung porang atau tapioka sebanyak 50% dari berat bahan yang dibutuhkan. Selanjutnya, bahan dicampur dengan parafin cair sebanyak 4% dari massa kering partikel. Air ( $\pm$  400 ml) ditambahkan dan pencampuran dilakukan dengan pemanasan hingga membentuk adonan yang tercampur rata. Perhitungan kebutuhan bahan baku dapat dilihat pada Lampiran 1.

c. Pencetakan Papan Partikel

Setelah seluruh bahan tercampur, bahan dibentuk (*hand-forming*) dan dimasukkan kedalam cetakan berukuran 22 x 22 x 2 cm. Sebelumnya cetakan dilapisi oleh aluminium foil. Selanjutnya, dilakukan pengepresan menggunakan press ulir ( $P = 50 \text{ kg/cm}^2$ ) hingga target tebal papan 1 cm dengan bantuan triplek kayu selama 1 jam. Kemudian papan tersebut dikeringkan di dalam oven pada suhu 80°C selama  $\pm 5$  jam.

d. Pengkondisian Papan Partikel

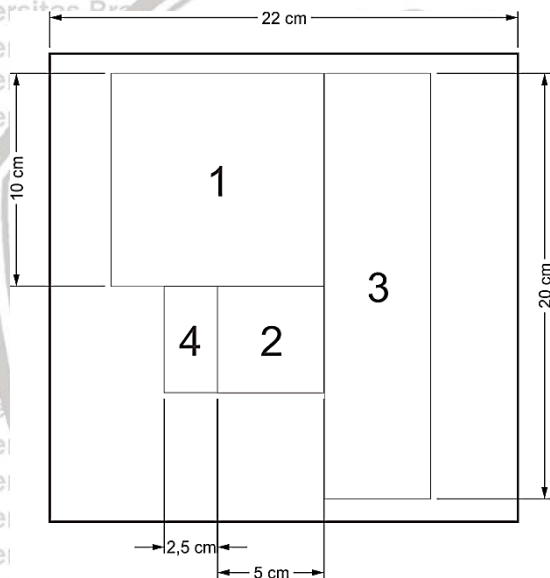
Setelah dikeringkan di dalam oven, papan dikeluarkan dari cetakan dan dijemur selama 7 hari dengan sinar matahari dan dibiarkan di udara terbuka untuk menyeragamkan kadar air dan memberi waktu pengerasan pada perekat. Keseluruhan tahapan penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1** Diagram alir prosedur penelitian

### 3.3.2 Pengujian Papan Partikel

Lembaran-lembaran papan partikel yang telah dikondisikan kemudian dibuat contoh uji dengan pola pemotongan yang dapat dilihat pada **Gambar 3.2**. Pengambilan contoh uji dan pengujian merujuk pada SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel meliputi sifat fisik dan sifat mekanisnya. Parameter sifat fisik yang diuji yaitu kerapatan, kadar air, daya serap air, dan pengembangan tebal. Sedangkan sifat mekanis yang diuji adalah *modulus of elasticity* (MOE), *modulus of rupture* (MOR) dan internal bond (IB).



**Gambar 3.2** Pola pemotongan uji

Keterangan:

- 1 = contoh uji kerapatan dan kadar air (10 cm x 10 cm)
- 2 = contoh uji pengembangan tebal (5 cm x 5 cm)
- 3 = contoh uji MOR dan MOE (5 cm x 20 cm)
- 4 = contoh uji internal bonding (2,5 cm x 5 cm)

#### 1. Sifat Fisik

##### a. Kerapatan

Satu buah contoh uji berukuran 10 cm x 10 cm ditimbang massanya dan ditentukan dimensi (panjang, lebar, dan tebal) untuk ditentukan volumenya. Prosedur pengukuran dimensi contoh uji dapat dilihat pada **Lampiran 2**. Kemudian, kerapatan papan dapat diketahui dengan rumus:

$$\text{Kerapatan } (\rho) \text{ (kg/cm}^3\text{)} = \frac{m}{v}$$



dimana:

m = massa contoh uji (g)

V = volume contoh uji (cm<sup>3</sup>)

b. Kadar Air

Satu buah contoh uji berukuran 10 cm x 10 cm ditimbang massanya terlebih dahulu. Kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Sebelum ditimbang massa akhirnya, contoh uji yang dikeluarkan dari dalam oven didinginkan terlebih dahulu dengan desikator selama 10 menit. Kadar air didapatkan dengan rumus:

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{m_a - m_b}{m_b} \times 100\%$$

dimana:

MA = massa awal sebelum dioven (g)

MB = massa akhir setelah di oven (g)

c. Pengembangan Tebal

Pengukuran pengembangan tebal diperlukan ketebalan sebelum dan setelah contoh uji berukuran 5 x 5 cm direndam selama 24 jam. Pengembangan tebal didapatkan dengan rumus:

$$\text{Pengembangan Tebal (\%)} = \frac{T_2 - T_1}{T_1} \times 100\%$$

dimana:

T<sub>1</sub> = tebal awal sebelum direndam (cm)

T<sub>2</sub> = tebal akhir setelah direndam (cm)

2. Sifat Mekanik

a. Modulus of Elasticity (MOE)

Modulus of Elasticity (MOE) atau modulus lentur ditentukan dengan menggunakan mesin Universal Testing Machine (UTM). Contoh uji berukuran 5 x 20 cm diukur panjang, lebar dan tebalnya. Kemudian diletakkan

secara horizontal pada penyangga dengan jarak sangga minimal 15 cm. Beban diberikan pada pusat contoh uji dengan kecepatan sekitar 10 mm/menit. Dicatat nilai defleksi dan beban maksimum yang dapat ditahan oleh contoh uji. Modulus elastisitas (MOE) didapatkan dengan rumus:

$$\text{MOE (kg/cm}^2\text{)} = \frac{\Delta p \times L}{4 \times b \times h^3 \times \Delta y}$$

dimana:

$\Delta p$  = perbedaan batas tertinggi dan terendah beban (kg)

$L$  = jarak sangga (cm)

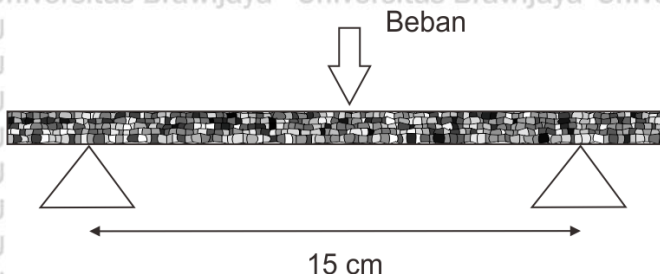
$b$  = lebar contoh uji (cm)

$h$  = tebal contoh uji (cm)

$\Delta y$  = perubahan defleksi yang terjadi pada  $\Delta p$  (cm)

b. Modulus of Rupture (MOR)

Pengujian modulus of Rupture (MOR) atau modulus patah dilakukan bersamaan dengan pembebanan pada pengujian MOE. Pembebanan tersebut dilanjutkan hingga contoh uji mengalami kerusakan atau patah.



**Gambar 3.3** Pengujian MOE dan MOR

Nilai MOR didapatkan dengan rumus:

$$\text{MOR (kg/cm}^2\text{)} = \frac{3 \times P_{\max} \times L}{2 \times b \times h^2}$$

dimana:

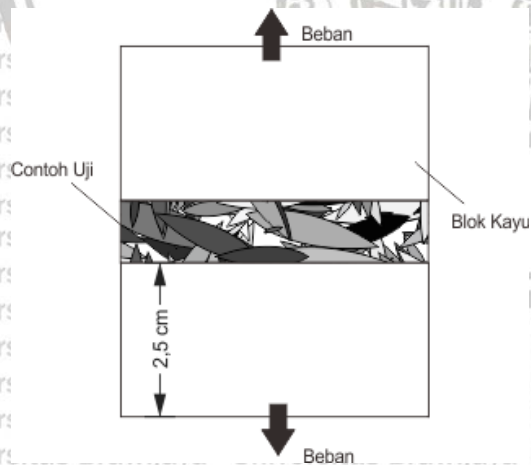
$P_{\max}$  = beban maksimum (kg)

L = jarak sangga (cm)

b = lebar contoh uji (cm)

h = tebal contoh uji (cm)

c. Internal Bonding atau Keteguhan Tarik Tegak Lurus (IB)



**Gambar 3.4** Pengujian internal bonding

Contoh uji berukuran 2,5 cm x 5 cm x 1 cm pada kondisi kering udara diukur panjang dan lebarnya. Kemudian contoh uji direkatkan diantara dua buah blok kayu dengan perekat epoxy yang dapat dilihat pada **Gambar 3.4** dan dibiarkan mengering selama 24 jam. Selanjutnya contoh uji ditarik dengan *Universal Testing Machine* (UTM) pada arah vertikal dengan kecepatan



sekitar 2 mm/menit dan dicatat beban maksimumnya. Nilai kekuatan rekat internal dihitung didapatkan dengan rumus:

$$\text{Internal Bonding (kg/cm}^2\text{)} = \frac{B_{\max}}{P \times L}$$

dimana:

$B_{\max}$  = beban maksimum (kg)

$p$  = panjang contoh uji (cm)

$l$  = lebar contoh uji (cm)

### 3.4 Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah komposisi fraksi massa bahan antara serat TKKS dan serbuk batang tembakau dengan 3 taraf, yaitu (C1) 35:15%, (C2) 25:25% dan (C3) 15:35%. Faktor kedua adalah jenis perekat, yaitu (P1) limbah tepung porang dan (P2) tepung tapioka. Rancangan dapat dilihat pada **Tabel 3.1**. Masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Data yang dihasilkan kemudian diuji analisis keragaman (ANOVA) dengan taraf uji 5%. Apabila hasil yang didapat berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan uji lanjut DMRT (Duncan Multiple Range Test). Analisis data dibantu dengan perangkat lunak Microsoft Excel 2016.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Keterangan:

$Y_{ijk}$  : variabel respon yang dihasilkan dari perlakuan faktor  $\alpha$  taraf ke- $i$  dan faktor  $\beta$  taraf ke- $j$  pada ulangan ke- $k$

$\mu$  : rata-rata umum

$\alpha_i$  : pengaruh perlakuan komposisi fraksi massa taraf ke- $i$

$\beta_j$  : pengaruh perlakuan jenis perekat taraf ke- $j$

$(\alpha\beta)_{ij}$  : pengaruh interaksi perlakuan 2 faktor

$\varepsilon_{ijk}$  : komponen galat

- i : perbedaan komposisi fraksi massa bahan
- j : perbedaan jenis perekat
- k : ulangan ke 1,2,3

**Tabel 3.1** Rancangan acak lengkap 2 faktorial

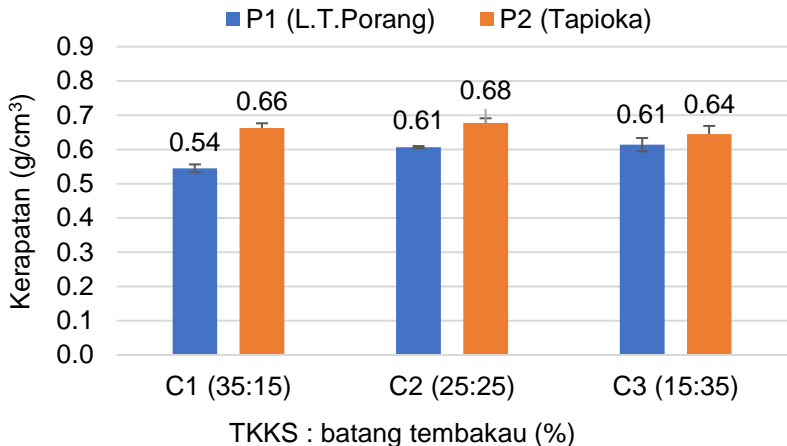
	Limbah Tepung Porang (P1)	Tapioka (P2)
<b>C1 (TKKS 35% : BT 15%)</b>	C1P1	C1P1
<b>C2 (TKKS 25% : BT 25%)</b>	C2P1	C2P2
<b>C3 (TKKS 15% : BT 35%)</b>	C3P1	C3P2

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisis Sifat Fisik Papan Partikel

##### 4.1.1 Kerapatan



**Gambar 4.1** Grafik rata-rata kerapatan papan partikel

Kerapatan dapat menentukan kualitas papan partikel dan bisa diatur sesuai dengan tujuan penggunaannya. Kerapatan biasanya berhubungan dengan porositas atau proporsi volume ruang kosong. Akibatnya, semakin tinggi kepadatan, kekuatannya pun akan meningkat. Kebutuhan partikel yang digunakan akan semakin banyak apabila papan partikel yang ingin diproduksi memiliki kerapatan yang tinggi. Secara keseluruhan rata-rata nilai kerapatan papan partikel yang dihasilkan pada **Gambar 4.1** telah memenuhi SNI 03-2105-2006 yang ditetapkan berkisar 0,4 g/cm<sup>3</sup> sampai 0,9 g/cm<sup>3</sup> dan termasuk sebagai papan partikel dengan kerapatan sedang. Selanjutnya seluruh data hasil pengujian pada **Lampiran 3** dianalisis menggunakan ANOVA dengan taraf uji 5% pada **Lampiran 8**. Hasilnya menunjukkan bahwa



interaksi antara komposisi bahan dengan jenis perekat berpengaruh nyata terhadap kerapatan papan partikel. Untuk mengetahui adanya perbedaan antar interaksi perlakuan dilanjutkan dengan uji DMRT 5% yang dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

**Tabel 4.1** Hasil uji DMRT interaksi antara komposisi dan perekat terhadap kerapatan papan partikel

	Rata-rata	Rata-Rata + DMRT 5%	Notasi
<b>TKKS : BT (35:15)% + Limbah Tepung Porang</b>	0.54490	0.57291	<b>a</b>
<b>TKKS : BT (25:25)% + Limbah Tepung Porang</b>	0.60686	0.63619	<b>b</b>
<b>TKKS : BT (15:35)% + Limbah Tepung Porang</b>	0.61413	0.64424	<b>b</b>
<b>TKKS : BT (15:35)% + Tapioka</b>	0.64439	0.67450	<b>c</b>
<b>TKKS : BT (35:15)% + Tapioka</b>	0.66246	0.69347	<b>c</b>
<b>TKKS : BT (25:25)% + Tapioka</b>	0.67738		<b>d</b>

Perlakuan komposisi TKKS:BT (35:15)% berperekat limbah tepung porang berbeda dari seluruh perlakuan lainnya terhadap kerapatan papan. Namun tidak terdapat perbedaan pada perlakuan komposisi TKKS:BT (25:25)% berperekat limbah tepung porang dengan perlakuan komposisi TKKS:BT (15:35)% berperekat limbah tepung porang, akan tetapi ada perbedaan antara kedua perlakuan tersebut dengan perlakuan komposisi TKKS:BT (15:35)% berperekat tapioka dan perlakuan komposisi TKKS:BT (35:15)% berperekat tapioka. Sedangkan TKKS:BT (25:25)%

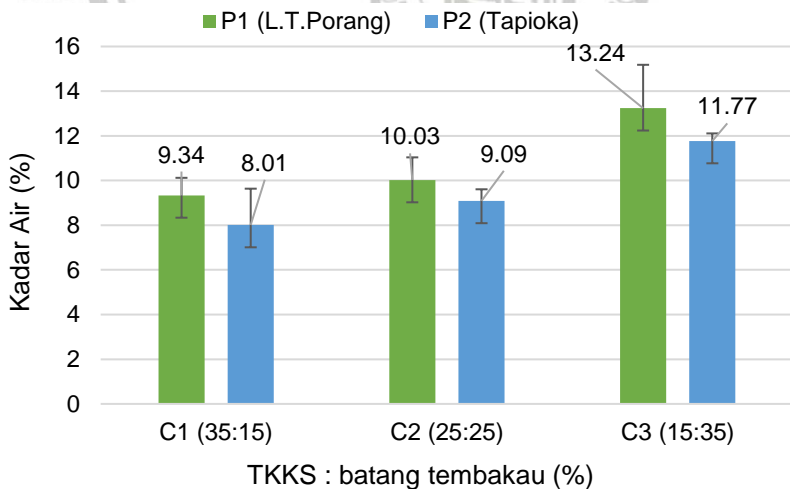
berperekat tapioka berbeda lebih tinggi dari seluruh perlakuan lainnya terhadap kerapatan papan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan komposisi batang tembakau pada papan cenderung meningkatkan kerapatan papan partikel yang semakin meningkat dengan penggunaan perekat tapioka. Hal ini karena partikel batang tembakau sendiri memiliki massa jenis yang lebih tinggi sebesar  $0,26-0,35 \text{ g/cm}^3$  dibandingkan serat TKKS yang sebesar  $0,13-0,15 \text{ g/cm}^3$ . Selain itu, tapioka memiliki daya rekat yang lebih baik daripada limbah tepung porang sehingga ikatan antara perekat dan bahan pengisi semakin besar akibatnya kerapatannya juga lebih tinggi.

Namun kerapatan yang dihasilkan tidak ada yang mencapai target  $0,7 \text{ g/cm}^3$ . Hal ini dapat terjadi karena berat jenis bahan baku yang digunakan rendah. Kemudian, kondisi alat press ulir yang kurang optimal menyebabkan tidak meratanya tekanan pada setiap titik papan saat proses pencetakan. Tebal papan partikel yang dihasilkan juga tidak seragam sehingga kerapatan yang dihasilkan pun berbeda. Hal tersebut juga disebabkan oleh adanya *spring back* atau pengembangan tebal kembali papan partikel yang terjadi karena usaha dari papan untuk membebaskan sisa tegangan setelah proses pengepresan. Menurut Jamaluddin (2018), umumnya tidak meratanya pendistribusian bahan baku saat pembuatan lembaran papan secara manual dapat mempengaruhi kerapatan papan partikel.

#### **4.1.2 Kadar Air**

Untuk menjaga stabilitas dimensi papan, kadar air menjadi faktor yang paling penting. Papan yang memiliki kadar air yang tinggi akan mudah mengalami perubahan dimensi pada saat digunakan. Diharapkan dengan kadar air yang rendah juga dapat mencegah tumbuhnya jamur atau

serangan rayap yang mengurangi masa pakai papan partikel. Rata-rata hasil pengujian kadar air papan partikel dapat dilihat pada **Gambar 4.2**. Selanjutnya seluruh data hasil pengujian pada **Lampiran 3** dianalisis menggunakan ANOVA dengan taraf uji 5% pada **Lampiran 9**. Hasilnya menunjukkan bahwa interaksi antara komposisi bahan dengan jenis perekat tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air papan partikel. Tetapi masing-masing faktor menunjukkan pengaruh berbeda nyata pada kadar air papan partikel. Untuk mengetahui adanya perbedaan antar interaksi perlakuan dilanjutkan dengan uji DMRT 5%.



**Gambar 4.2** Grafik rata-rata kadar air papan partikel

Pada **Tabel 4.2**, hasil uji DMRT terhadap faktor komposisi menunjukkan bahwa papan dengan komposisi serat TKKS : batang tembakau 15:35% berbeda terhadap papan dengan campuran komposisi lainnya. Sedangkan pada papan dengan komposisi serat TKKS : batang tembakau 25:25% dan papan komposisi serat TKKS : batang tembakau 35:15% tidak terdapat perbedaan. Sehingga dapat



disimpulkan bahwa bertambahnya komposisi batang tembakau pada papan partikel dapat meningkatkan kadar airnya. Hal ini terjadi karena masih terdapat *pith* (gabus) pada batang tembakau. *Pith* ini mengandung sel parenkim yang mengurangi kuat rekat antar partikel juga mudah mengikat air dan memperlambat pengerasan perekat yang dapat dihilangkan melalui proses *depithing* (Iskandar dan Supriadi, 2015). Selain itu, saat proses pengkondisian papan partikel menyerap air dari lingkungannya. Secara umum seluruh papan partikel memenuhi SNI 03-2105-2006 dengan kadar air maksimal 14%. Hal ini dikarenakan partikel dikeringkan terlebih dahulu sebelum digunakan sehingga saat pengkondisian, papan partikel hanya mengikat sedikit air dari udara.

**Tabel 4.2** Hasil uji DMRT faktor komposisi terhadap kadar air papan partikel

	Rata-rata	Rata-Rata + DMRT 5%	Notasi simbol
<b>TKKS : BT (35:15)%</b>	8.674	11.657	<b>a</b>
<b>TKKS : BT (25:25)%</b>	9.558	12.680	<b>a</b>
<b>TKKS : BT (15:35)%</b>	12.504		<b>b</b>

Sedangkan pada **Tabel 4.3**, hasil uji DMRT terhadap faktor perekat menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan pada penggunaan perekat tapioka dan perekat limbah tepung porang terhadap kadar air papan partikel. Hal ini disebabkan oleh jumlah perekat yang digunakan sama. Selain fisik dan mekanik papan partikel, keawetannya perlu diperhatikan agar masa pakai papan lebih lama. Pengawetan bisa dilakukan pada bahan bakunya, penambahan bahan pengawet pada perekat, atau pengawetan setelah papan

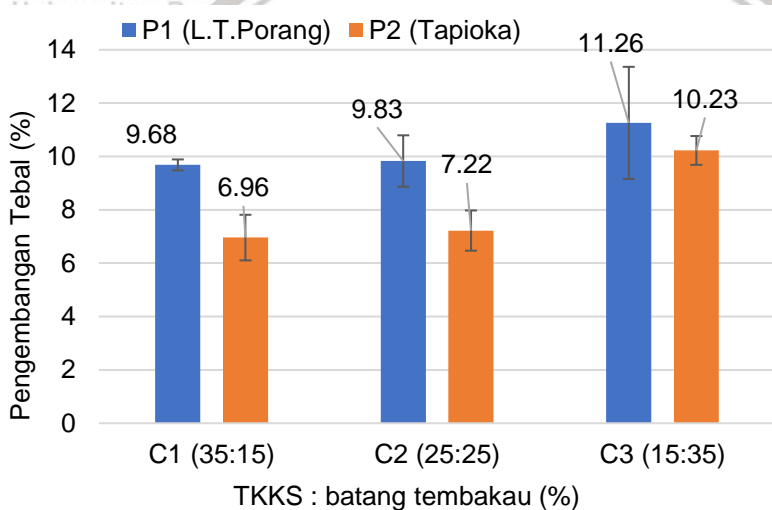
partikel jadi (Ngadianto, et al. 2011). Asam oksalat merupakan salah satu jenis pengawet alami (Nasrun, et al. 2014). Kandungan kalsium oksalat ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ) pada limbah tepung porang dapat diubah menjadi asam oksalat ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) jika direaksikan dengan asam kuat seperti asam klorida ( $\text{HCl}$ ) karena kalsium oksalat bisa larut dalam asam kuat (Agustin, et al. 2017). Kelebihan lain yang didapat dengan penambahan asam pada limbah tepung porang, pati yang terkandung didalamnya akan terdegradasi sehingga viskositas perekat yang dihasilkan menjadi berkurang, lebih cepat melekat dan lebih cepat mengering (Ruhendi, 2007) sehingga kekuatan mekanis papan pun akan meningkat.

**Tabel 4.3** Hasil uji DMRT pada faktor perekat terhadap kadar air papan partikel

	Rata-rata	Rata-Rata + DMRT 5%	Notasi simbol
<b>Tapioka</b>	9.624	13.277	<b>a</b>
<b>Limbah Tepung Porang</b>	10.867		<b>a</b>

#### 4.1.3 Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal dapat menentukan kualitas papan partikel yang berkolerasi dengan porositas. Pengembangan yang rendah terjadi saat terhambatnya proses penyerapan air kedalam struktur papan melalui pori-pori dan ruang kosong antar partikel secara perlahan. Tingginya perubahan dimensi papan partikel disebabkan oleh semakin banyaknya air yang diabsorpsi dan memasuki struktur papan. Seluruh papan partikel yang dihasilkan memenuhi SNI 03-2105-2006 dengan nilai pengembangan tebal maksimal 12%. Rata-rata hasil pengujian pengembangan papan partikel dapat dilihat pada **Gambar 4.3**.



**Gambar 4.3** Grafik rata-rata pengembangan tebal papan partikel

Data-data hasil pengujian pengembangan tebal pada **Lampiran 4** dianalisis menggunakan ANOVA dengan taraf uji 5% pada **Lampiran 10**. Hasilnya menunjukkan bahwa interaksi antara komposisi dengan jenis perekat tidak berpengaruh nyata terhadap pengembangan tebal papan partikel. Tetapi masing-masing faktor menunjukkan pengaruh berbeda nyata pada pengembangan tebal papan partikel.

**Tabel 4.4** Hasil uji DMRT faktor komposisi terhadap pengembangan tebal papan partikel

	Rata-rata	Rata-Rata + DMRT 5%	Notasi simbol
TKKS : BT (35:15)%	8.322	11.035	a
TKKS : BT (25:25)%	8.526	11.366	a
TKKS : BT (15:35)%	10.743		a



Pada **Tabel 4.4**, hasil uji DMRT terhadap faktor komposisi menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan antara variasi perlakuan komposisi bahan partikel terhadap pengembangan tebal papan. Pengeringan bahan baku partikel yang dilakukan sebelum pembuatan papan dapat mempengaruhi sifat fisik maupun mekaniknya. Kondisi ini juga terjadi akibat rapatnya susunan partikel batang tembakau yang memiliki ukuran lebih kecil (30 mesh) mengisi celah–celah antar partikel sehingga ikatan partikel dengan perekat makin kuat yang menyebabkan air tidak mudah diserap. Serat TKKS yang digunakan memiliki ukuran yang lebih panjang dan tidak berbentuk serbuk seperti batang tembakau dengan kandungan lignin, silika dan minyak juga dapat mengurangi penyerapan air (Purwanto, 2016).

**Tabel 4.5** Hasil uji DMRT faktor perekat terhadap pengembangan tebal papan partikel

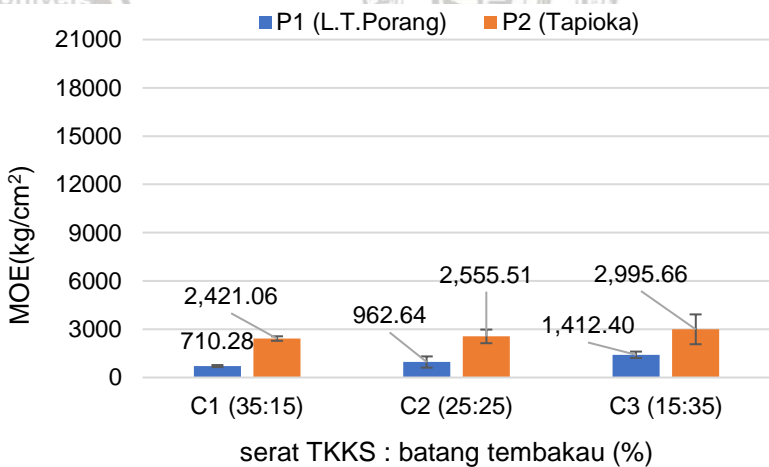
	Rata-rata	Rata-Rata + DMRT 5%	Notasi simbol
<b>Tapioka</b>	8.136	11.459	<b>a</b>
<b>Limbah Tepung Porang</b>	10.258		<b>a</b>

Pada **Tabel 4.5**, hasil uji DMRT terhadap faktor perekat menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan antara penggunaan perekat tapioka dan perekat limbah tepung porang terhadap pengembangan tebal papan partikel. Dalam pembuatan papan partikel pada penelitian ini, parafin cair ditambahkan sebanyak 4%. Parafin cair dapat membentuk lapisan tipis pada papan sehingga menghambat kontak antara air dengan partikel dan mengurangi sifat higroskopis dari partikel itu sendiri. Selain itu, hal ini bisa disebabkan juga oleh kerekatan seluruh permukaan partikel yang sempurna dan menimbulkan sifat yang sukar untuk mengembang pada

saat jenuh air (Pardosi, et al., 2012). Pengembangan tebal papan partikel dapat menentukan penggunaannya untuk keperluan interior atau eksterior. Stabilitas papan tinggi ditandai dengan rendahnya pengembangan tebal sehingga dapat digunakan untuk keperluan eksterior. Sedangkan untuk keperluan interior, tidak mengharuskan stabilitas papan tinggi atau rendah. Dengan penggunaan perekat pati yang lebih mudah menyerap air, papan hasil penelitian ini dapat direkomendasikan sebagai bahan baku interior yang tidak langsung terkena air dan di ruangan yang kering.

## 4.2 Analisis Sifat Mekanik Papan Partikel

### 4.2.1 Modulus of Elasticity (MOE)



**Gambar 4.4** Grafik rata-rata MOE papan partikel

Salah satu sifat mekanik dari papan partikel adalah Modulus of Elasticity (MOE) yang dapat menunjukkan kemampuan bahan dalam menahan perubahan bentuk yang diberikan. Tingginya nilai MOE pada suatu papan, maka sedikit deformasi yang terjadi sehingga papan makin elastis. Keseluruhan papan partikel yang dihasilkan tidak memenuhi

SNI 03-2105-2006 yang menetapkan nilai MOE minimal 20400 kg/cm<sup>2</sup>. Rata-rata hasil pengujian MOE papan partikel dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.

Keseluruhan data hasil pengujian MOE pada **Lampiran 5** selanjutnya dianalisis menggunakan ANOVA dengan taraf uji 5% pada **Lampiran 11**. Hasilnya menunjukkan hanya faktor jenis perekat yang memberikan pengaruh berbeda nyata pada MOE papan partikel. Hal ini disebabkan oleh penggunaan ukuran serat TKKS maupun serbuk tembakau yang kurang tepat. Aminah, *et al.* (2018) menyatakan bahwa ukuran partikel yang lebih besar dapat menyebar tekanan dari beban yang diterima lebih baik dibandingkan dengan partikel yang berukuran lebih kecil. Menurunnya ukuran partikel diiringi dengan berkurangnya elastisitas dan kekuatan internal papan. Sehingga diperlukan serat TKKS yang lebih panjang dan partikel serbuk tembakau yang lebih kasar. Selain itu, penyusunan yang masih dilakukan secara manual mengakibatkan sifat keteguhan lentur hanya terdapat pada beberapa bagian papan partikel. Kemudian, pada penelitian ini serat TKKS mendapat perlakuan pendahuluan perendaman dengan air dingin selama 24 jam yang mempengaruhi sifat mekanis papan partikel. Menurut Sunardi, *et al.* (2018) perendaman serat TKKS dengan larutan 5% NaOH selama 2 jam akan meningkatkan kualitasnya sebagai penguat pada papan partikel. Karena perlakuan alkali lebih efektif mengurangi lapisan lignin pada permukaan serat TKKS dan membersihkannya dari zat pengotor lainnya dibandingkan dengan hanya merendamnya dengan air dingin atau air panas. Namun dengan perendaman alkali yang melebihi 2 jam, kekuatan serat akan berkurang.



**Tabel 4.6** Hasil uji DMRT faktor perekat terhadap MOE papan partikel

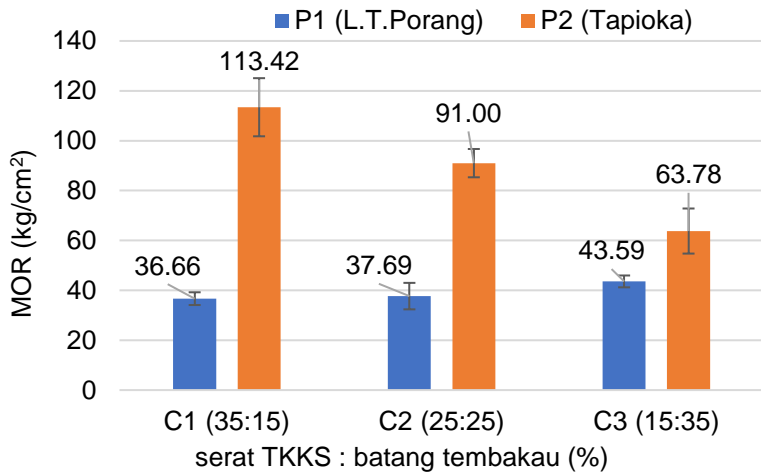
	Rata-rata	Rata-rata + DMRT 5%	Notasi
<b>Limbah Tepung Porang Tapioka</b>	1028.436	2419.362761	<b>a</b>
	2657.412		<b>b</b>

Penggunaan perekat limbah tepung porang berbeda dengan perekat tapioka terhadap nilai MOE papan partikel yang ditunjukkan dalam hasil uji DMRT pada **Tabel 4.6**. Perbedaan kekuatan antara perekat limbah tepung porang dan perekat tapioka disebabkan oleh tingkat gelatinisasi yang berbeda. Pada proses pemanasan dan pencampuran bahan papan, pati dalam tapioka lebih banyak tergelatinisasi secara sempurna sehingga daya rekatnya lebih tinggi dibandingkan dengan perekat limbah tepung tapioka. Limbah tersebut selain tersusun dari pati dan zat lainnya seperti lemak, protein dan kalsium oksalat yang dapat menghambat proses gelatinisasi sehingga tidak dapat mengikat partikel dengan baik.

Kemudian, perlu diperhatikan bahwa nilai MOE yang dihasilkan pada penelitian ini masih jauh dibawah SNI 03-2105-2006. Modulus elastisitas papan erat kaitannya dengan tebal papan itu sendiri. Sedangkan tebal papan yang dihasilkan pada penelitian ini tidak seragam satu sama lain dan melebihi tebal target yaitu 1 cm. Jika beban yang dapat ditahan oleh papan besar tetapi ketebalan yang dimilikinya tinggi maka bisa menghasilkan elastisitas papan yang rendah. Selain itu, rendahnya nilai MOE dapat disebabkan oleh karena kurangnya homogenitas antara perekat dan partikel saat proses pembuatan. Penentuan geometri, ukuran serta komposisi campuran partikel dan jumlah

perekat yang tepat dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas papan agar mencapai standar.

#### 4.2.2 Modulus of Rupture (MOR)



**Gambar 4.5** Grafik rata-rata MOR papan partikel

Modulus of Rupture (MOR) menunjukkan beban maksimum yang dapat ditahan oleh papan partikel hingga mengalami patah atau kerusakan. MOR diperoleh untuk menentukan kualitas papan partikel. Beban yang lebih besar dapat ditahan oleh papan yang memiliki MOR yang lebih tinggi. Rata-rata hasil pengujian MOR papan partikel dapat dilihat pada **Gambar 4.5**. Seluruh data pada **Lampiran 6** selanjutnya dianalisis menggunakan ANOVA dengan taraf uji 5% pada **Lampiran 12**. Hasilnya menunjukkan bahwa interaksi antara komposisi dengan jenis perekat berpengaruh nyata terhadap MOR papan partikel. Maka untuk mengetahui adanya perbedaan antar interaksi perlakuan dilanjutkan dengan uji DMRT.

**Tabel 4.7** Hasil uji DMRT interaksi antara komposisi dan perekat terhadap MOR papan partikel

	Rata-rata	Rata-Rata + DMRT 5%	Notasi
<b>TKKS : BT (35:15)% + Limbah Tepung Porang</b>	36.664	49.030	<b>a</b>
<b>TKKS : BT (25:25)% + Limbah Tepung Porang</b>	37.690	50.634	<b>a</b>
<b>TKKS : BT (15:35)% + Limbah Tepung Porang</b>	43.588	56.882	<b>a</b>
<b>TKKS : BT (15:35)% + Tapioka</b>	63.784	77.310	<b>b</b>
<b>TKKS : BT (25:25)% + Tapioka</b>	91.001	104.688	<b>c</b>
<b>TKKS : BT (35:15)% + Tapioka</b>	113.421		<b>d</b>

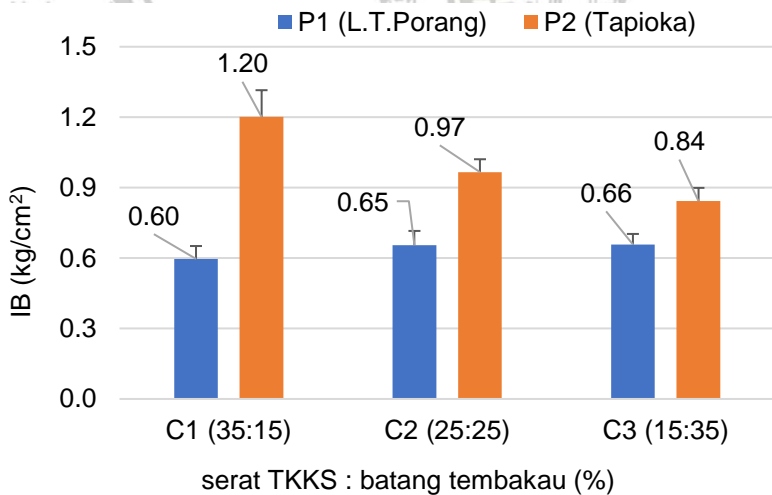
Dari hasil uji DMRT pada **Tabel 4.7**, perlakuan seluruh variasi komposisi dengan perekat limbah tepung porang tidak berbeda satu sama lain terhadap MOR yang dihasilkan namun berbeda dengan perlakuan pada papan lainnya. Sedangkan perlakuan komposisi TKKS:BT (15:35)% berperekat tapioka, perlakuan TKKS:BT (25:25)% berperekat tapioka, dan perlakuan TKKS:BT (35:15)% berperekat tapioka masing-masing menunjukkan perbedaan terhadap nilai MOR papan partikel. Maka semakin tinggi komposisi serat TKKS pada papan partikel yang ditambah dengan penggunaan perekat tapioka dapat meningkatkan nilai MOR pada papan. Sedangkan, menurunnya sifat kekakuan dan kekuatan dari papan partikel secara signifikan dipengaruhi oleh rendahnya kerapatan dari serbuk batang tembakau dan diperparah dengan bertambahnya proporsi di dalam papan (Acda dan Rico, 2013). Namun dari hasil pengujian, hanya papan dengan komposisi TKKS:BT (35:15)% berperekat tapioka dan papan dengan komposisi TKKS:BT (25:25)% berperekat tapioka yang memenuhi





standar nilai MOR yang ditetapkan pada SNI 03-2105-2006. Kondisi ini terjadi karena saat proses pembuatan, partikel-partikel tidak saling mengisi dan mengikat antara satu dengan lainnya, sehingga kekuatan patah papan tersebut rendah. Lemahnya ikatan partikel juga disebabkan oleh jenis perekat yang digunakan. Limbah tepung porang memiliki daya rekat yang rendah dibandingkan dengan perekat tapioka karena gelatinisasi yang tidak sempurna. Limbah tersebut selain tersusun dari pati ada zat lainnya seperti lemak, protein dan kalsium oksalat yang menghambat proses gelatinisasi sehingga tidak dapat mengikat partikel dengan baik.

#### 4.2.3 Internal Bond (IB)



**Gambar 4.6** Grafik rata-rata internal bond papan partikel

Daya rekat ikatan antar bahan penyusun papan partikel dapat dinyatakan dengan besarnya nilai internal bond (IB) atau keteguhan rekat internal. Rata-rata hasil pengujian IB papan partikel dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.

Data seluruh pengujian pada **Lampiran 7** selanjutnya dianalisis menggunakan ANOVA dengan taraf uji 5% pada **Lampiran 8**. Hasilnya menunjukkan bahwa interaksi antara komposisi dengan jenis perekat berpengaruh nyata terhadap IB papan partikel. Untuk mengetahui adanya perbedaan antar interaksi perlakuan dilanjutkan dengan uji DMRT.

**Tabel 4.8** Hasil uji DMRT interaksi antara komposisi dan perekat terhadap IB papan partikel

	Rata-rata	Rata-Rata + DMRT 5%	Notasi
<b>TKKS : BT (35:15)% + Limbah Tepung Porang</b>	0.597	0.718	<b>a</b>
<b>TKKS : BT (25:25)% + Limbah Tepung Porang</b>	0.654	0.781	<b>a</b>
<b>TKKS : BT (15:35)% + Limbah Tepung Porang</b>	0.658	0.788	<b>a</b>
<b>TKKS : BT (15:35)% + Tapioka</b>	0.843	0.976	<b>b</b>
<b>TKKS : BT (25:25)% + Tapioka</b>	0.966	1.100	<b>b</b>
<b>TKKS : BT (35:15)% + Tapioka</b>	1.201		<b>c</b>

Hasil uji DMRT pada **Tabel 4.8** menunjukkan perlakuan seluruh variasi komposisi dengan perekat limbah tepung porang tidak berbeda satu sama lain terhadap IB yang dihasilkan namun berbeda dengan perlakuan pada papan lainnya. Untuk perlakuan komposisi TKKS:BT (15:35)% berperekat tapioka dan perlakuan TKKS:BT (25:25)% berperekat tapioka tidak terdapat perbedaan antara keduanya. Sedangkan TKKS:BT (35:15)% berperekat tapioka berbeda paling tinggi dari perlakuan lainnya terhadap IB papan partikel. Dari data tersebut terlihat bahwa dengan bertambahnya serat TKKS dan berkurangnya batang tembakau pada papan yang

ditambah dengan penggunaan perekat tapioka dapat meningkatkan nilai IB. Hal ini diduga oleh banyaknya pith yang terkandung dalam batang tembakau sehingga proses perekatannya kurang baik (Iskandar dan Supriadi, 2015). Selain itu, perekat limbah tepung porang sulit masuk ke dalam rongga-rongga partikel karena tidak larut dan tergelatinisasi sempurna dengan air.

Perlu diperhatikan bahwa tidak ada papan yang memenuhi SNI 03-2105-2006 yang menetapkan nilai IB minimal 1,5 kg/cm<sup>2</sup>. Umumnya terjadi karena distribusi partikel dan perekat yang tidak merata karena proses pembuatan papan masih manual. Kekurangan penggunaan serat alami dalam papan partikel adalah diameternya yang tidak seragam sehingga membuat ikatan antar partikel dan perekat juga berbeda satu dengan yang lainnya. Selain itu, perekat pati masih memiliki ikatan yang lemah. Pati yang dipanaskan akan membentuk gel kental hingga sukar dalam pelaburan atau pemerataannya. Untuk selanjutnya, dapat dilakukan modifikasi pati. Seperti Eskani, et al. (2017) yang menambahkan *coupling agents* berupa Maleat Anhidrida (MAH) dan Benzoin Peroksida (BPO) untuk memperbaiki kompatibilitas antara perekat dan bahan yang direkatkan. Perekat tepung garut yang telah dimodifikasi menghasilkan nilai delaminasi sebesar 0%. Dimana semakin kecil nilai delaminasi, kekuatan ikatnya semakin besar dan kerusakan minim terjadi.





## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Sifat fisik papan partikel dari serat tandan kosong kelapa sawit dan batang tembakau berperekat limbah tepung porang dan tapioka yang dihasilkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut, kerapatan sebesar  $0,54 \text{ g/cm}^3$  sampai  $0,68 \text{ g/cm}^3$ , kadar air sebesar  $8.01 \%$  hingga  $13.24 \%$ , dan pengembangan tebal sebesar  $6.96\%$  hingga  $11.26\%$ . Sedangkan sifat mekanik yang dihasilkan yaitu MOE sebesar  $710,28 \text{ kg/cm}^2$  hingga  $2.995,66 \text{ kg/cm}^2$ , MOR sebesar  $36.66 \text{ kg/cm}^2$  hingga  $113.42 \text{ kg/cm}^2$  dan IB sebesar  $0,6 \text{ kg/cm}^2$  hingga  $1,2 \text{ kg/cm}^2$ .
2. Dari hasil pengujian fisik, seluruh perlakuan pada papan partikel dapat memenuhi standar sesuai SNI 03-2105-2006. Untuk hasil pengujian mekanik, hanya pada perlakuan papan dengan komposisi serat tandan kosong kelapa sawit : batang tembakau 35:15% berperekat tapioka dan pada perlakuan papan dengan komposisi serat tandan kosong kelapa sawit : batang tembakau 25:25% berperekat tapioka yang memenuhi standar nilai MOR yang ditetapkan pada SNI 03-2105-2006.

#### 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan geometri partikel, variasi komposisi campuran partikel dan variasi jumlah perekat untuk meningkatkan kualitas mekanik papan partikel.
2. Perlu dilakukan modifikasi perekat limbah tepung porang maupun tapioka untuk memperbaiki sifat mekanik dari papan partikel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdul KHPS, Rozman HD. 2004. Gentian dan Komposit Lignoselulosik. Penerbit Universiti Sains Malaysia, Penang
- Acda MN, Rico JC. 2013. Termite resistance and physico-mechanical properties of particleboard using waste tobacco stalk and wood particles. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 85: 354-358. DOI:10.1016/j.ibiod.2013.08.019
- Agustin R, Estiasih T, Wardani AK. 2017. Penurunan oksalat pada proses perendaman umbi kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) di berbagai konsentrasi asam asetat. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 18(3): 191-200
- Agustina L, Udiantoro, Abdul H. 2016. Karakteristik serat tandan kosong kelapa sawit (tkks) dengan perlakuan perebusan dan pengukusan. *Zira'ah*. 41(1): 97-102. DOI: 10.31602/zmip.v41i1.324
- Aminah, Setyawati D, Yani A. 2018. Sifat fisik dan mekanik papan partikel dari limbah kayu *Acacia crassicaarpa* pada beberapa ukuran partikel dan konsentrasi urea formaldehida. *Jurnal Hutan Lestari*. 6(3) : 557-568. DOI: 10.26418/jhl.v6i3.26909
- Andini NP, Elvira P, Rahmad N, Zulfansyah. 2019. Pembuatan binderless particleboard dari limbah batang sawit dengan metode oven assisted. *Seminar Nasional Teknologi dan Pengelolaan Lingkungan Tropis*, Pekanbaru, 21-22 Agustus
- Astutik SP, Mahdie MF, Yuniarti. 2020. Sifat fisik papan buatan dari limbah tandan kosong kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) dan serbuk gergajian kayu galem (*Melaleuca cajuputi* Powell). *Jurnal Sylva Scientiae*. 3(2): 356-368
- Badan Standarisasi Nasional. 2006. SNI 03-2105-2006 Papan Partikel. Standar Nasional Indonesia, Bogor

Chau TT, Ma E, Cao J. 2015. Moisture adsorption and hygroexpansion of paraffin wax emulsion-treated southern pine (*Pinus spp.*). *Bioresources*. 10(2): 2719-2731. DOI: 10.15376/biores.10.2.2719-2731

Direktorat Jenderal Perkebunan. 2017. Statistik Perkebunan Indonesia 2017 – 2019: Kelapa Sawit. Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan, Jakarta

Dunn DJ. 2004. Engineering and Structural Adhesives. Rapra Technology Limited, Shropshire

Eskani IN, Widiastuti R, Lathifah NN. 2017. Karakterisasi perekat alami dari tumbuhan untuk industri kerajinan. Seminar Nasional Teknologi Hijau 2, Semarang, 18 Mei

Faijah, Fadilah R, Nurmila. 2020. Perbandingan tepung tapioka dan sagu pada pembuatan briket kulit buah nipah (*Nypa fruticans*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. 6(2) : 201 – 210

Faridah A, Simon BW, Aji S. 2012. Optimasi peningkatan kadar glukomanan dan penurunan kalsium oksalat pada proses penepungan dari chip porang (*Amorphophallus oncophyllus*) dengan metode mekanis. Seminar Nasional PATPI 2011, Manado, 15 – 17 September

Fitra F, Hendri N, Hasanuddin, Waskito. 2019. Karakteristik papan partikel berbahan baku serat pinang. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*. 1(4): 1029-1036

Frick H, Moediartianto. 2004. Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu. Kanisius, Yogyakarta

Handayani SS, Tarnanda R, Rahayu BA, Amrullah. 2018. Proses Degradasi Lignin pada Limbah Batang Tembakau sebagai Persiapan Produksi Bioetanol. *Jurnal Pijar MIPA*. 13(2): 140-146. DOI: 10.29303/jpm.v13i2.750.





Hapsoro, DS. 2010. Pengaruh Kandungan Lem Kanji terhadap Sifat Tarik dan Densitas Komposit Koran Bekas. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Iskandar MI, Supriadi A. 2015. Peningkatan mutu papan partikel melalui peningkatan kadar perekat. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. 33(2): 145-151. DOI: 10.20886/jphh.2015.33.2.145-151

Jamaluddin. 2018. Kualitas papan partikel dari campuran batang sorgum (*Sorghum bicolor* L.) dan kayu akasia (*Acacia mangium* W.) berdasarkan konsentrasi perekat urea formaldehida. Jurnal Hutan Lestari. 6(3): 486 – 498. DOI: 10.26418/jhl.v6i3.26777

Jimenez Jr JP, Acda MN. 2018. Tobacco (*Nicotiana tabacum*) stalk particles as additive in urea formaldehyde bonded plywood. Journal of Adhesion Science and Technology. 32(24): 1-9. DOI:10.1080/01694243.2018.1509501

Lempang M. 2016. Pemanfaatan lignin sebagai bahan perekat kayu. Info Teknis EBONI. 13(2): 139–150

Maulana D, Dirhamsyah, Setyawati D. 2015. Karakteristik papan partikel dari batang pandan mengkuang (*Pandanus atroparpus* Griff) berdasarkan ukuran partikel dan konsentrasi ureaformaldehida. Jurnal Hutan Lestari. 3(2): 247 – 258. DOI: 10.26418/jhl.v3i2.10369

Nasrun, Hasfita F, Rizal M. 2014. Studi pemanfaatan kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca*) sebagai bahan baku pembuatan asam oksalat. Jurnal Teknologi Kimia Unimal. 3(2): 33 – 40

Nemli G, Damirel S. 2007. Relationship between the density profile and the technological properties of the particleboard composite. Journal of Composite Materials. 41(15): 1793–1802. DOI: 10.1177/0021998307069892

Ngadianto A, Widyorini R, Lukmandaru G. 2011. Ketahanan papan partikel limbah kayu mahoni dan sengon dengan perlakuan pengawetan asap cair terhadap serangan rayap kayu kering *Cryptotermes cynocephalus* Light. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI) XIV, 2 November

Nuridin H, Hasanuddin, Irzal. 2016. Karakteristik papan komposit partikel berbahan baku ampas tebu menggunakan perekat tapioka sebagai furniture. Jurnal FT Unimed, Medan

Nuridin H, Purwantono, Rivai N. 2014. Pengaruh perekat terhadap kerapatan papan komposit berbahan baku ampas tebu. Prosiding seminar Nasional Pembangunan Berkelanjutan Bangsa Berbasis IPTEK (PB3I-ITM), Medan, 18 Oktober 2014.

Nurnasari E, Subiyakto. 2018. Diversifikasi produk tembakau non rokok. Perspektif. 17(1): 40- 51

Pane JP, Junary E, Herlina N. 2015. Pengaruh konsentrasi perekat tepung tapioka dan penambahan kapur dalam pembuatan briket arang berbahan baku pelepah aren (*Arenga pinnata*). Jurnal Teknik Kimia USU. 4(2): 32-38

Pardosi F, Tamrin L, Filli P. 2012. Karakteristik papan partikel berbahan sekam padi dengan penambahan parafin. Jurnal Teknik Pertanian Sriwijaya. 1(1): 28-38

Purwanto D. 2016. Sifat papan partikel dari serat tandan kosong sawit dan serbuk kayu dengan perekat urea formaldehida. Jurnal Riset Industri Hasil Hutan. 8(1): 1-8. DOI: 10.24111/jrihh.v8i1.2062

Putri SA, Rohim H, Resa R, Anggun A, Salwa APK. 2019. Optimalisasi limbah agroindustri sebagai upaya meningkatkan perekonomian masyarakat di desa banyuresmi kabupaten sumedang. Kumawula. 2(3): 218-225

Rad LJ, Narooei S. 2019. Effect of the presence of tobacco stalk wastes mixed with industrial wood particle on the dimensional stability and mechanical properties of particleboard. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*. 33(4): 564-577

Ruhendi S. 2007. Analisis Perekatan Kayu. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor, Bogor

Saad A, Kasim A, Gunawarman, Santosa. 2018. Effect of fiber length of the oil palm emptyfruit bunch on manufacture particle board with urea formaldehyde adhesive toward the characteristics. *International Journal of Scientific & Technology Research*. 7(11): 108-114

Shakhes J, Marandi MAB, Zeinaly F, Saraian A, Saghafi T. 2014. Tobacco residuals as promising lignocellulosic materials for pulp and paper industry. *Bioresources*. 6(4): 4481-4493

Shinoj SPS, Kochubabu M, Visvanathan R. 2011. Oil palm fiber (opf) and its composites: a review. *Ind. Crops Productions*. 33(1): 7-22. DOI: 10.1016/j.indcrop.2010.09.009

Sianturi, TA. 2014. Analisis pertambahan hasil minyak kelapa sawit dengan menggunakan alat empty bunch press. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*. 4(2): 66-72

Siswoyo E, Rahmah M, Nurul F. 2018. Bio-pestisida berbasis ekstrak tembakau dari limbah puntung rokok untuk tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum*). *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*. 15(2): 94-99

Sunardi, Lusiani R, Nugraha AY, Fawaid M. 2018. Perlakuan alkali pada serat tandan kosong kelapa sawit terhadap mutu papan partikel. *Semnas Sains dan Terapan IV*, Manado, 20-21 September





Tharukliling, S. 2013. Tepung talas sebagai filler alternatif pengganti tepung tapioka dalam pembuatan chicken nugget. Prosiding Seminar Nasional Akselerasi Pemanfaatan Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi Mendukung Ketahanan Pangan dan Kesejahteraan Petani Nelayan. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Bogor

Waryati, Fritami LT, Sarwono E. 2017. Pemanfaatan serabut kelapa (coco fiber) dan lem kanji (cassava starch) menjadi papan serat komposit sebagai material pengendali kebisingan. Jurnal "Teknologi Lingkungan". 1(1): 27-35

Widjanarko SB, Endrika W, Fath IR. 2015. Pengaruh lama penggilingan tepung porang metode ball mill (*cyclone separator*) terhadap sifat fisik dan kimia tepung porang. Jurnal Pangan dan Agroindustri. 3(3): 867-877

Wirawan Y, Djalal R, Eny SW. 2017. Pengaruh penambahan pati biji durian (*Durio zibethinus Murr.*) terhadap kualitas kimia dan organoleptik bakso ayam. Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak. 12(1): 39-46



# LAMPIRAN

### Lampiran 1. Perhitungan kebutuhan massa bahan baku

- **Target kerapatan yang ingin dicapai ( $\rho$ )** = 0,7 g/cm<sup>3</sup>
- **Target volume yang ingin dicapai (V)** = 22 x 22 x 1 cm  
= 484 cm<sup>3</sup>
- **Massa bahan yang dibutuhkan (m)** =  $\rho V$  = 0,7 g/cm<sup>3</sup> x 484 cm<sup>3</sup> = 338,8 g

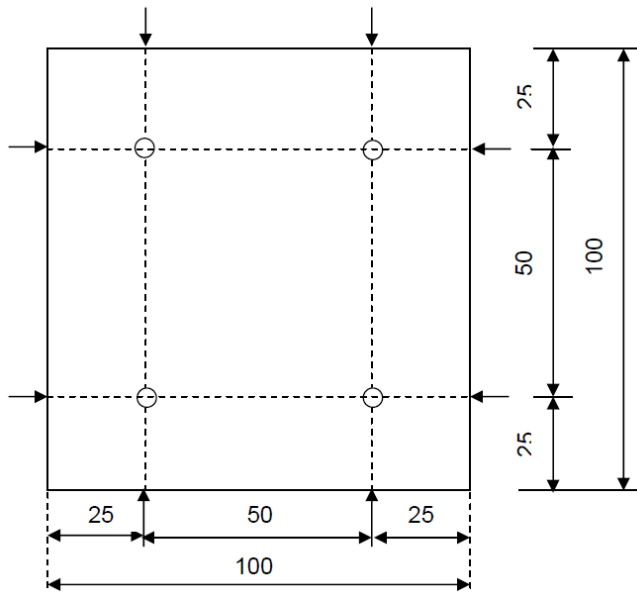
### Massa yang dibutuhkan pada berbagai variasi komposisi:

Perbandingan Fraksi Massa			
	Limbah Tepung Porang (P1)/Tapioka(P2)	Serat TKKS	Batang Tembakau
C1	50% (169,4 g)	35% (118,58 g)	15% (50.82 g)
C2		25% (84,7 g)	25% (84,7 g)
C3		15% (50.82 g)	35% (118,58 g)

- **Massa parafin cair yang dibutuhkan** = Massa partikel kering x 4% = 338,8 g x 4% = 13,55



## Lampiran 2. Prosedur pengukuran dimensi contoh uji



○ merupakan titik pengukuran dimensi papan partikel (mm).

1. Contoh uji diukur panjangnya pada kedua sisi lebarnya, 25 mm dari tepi
2. Contoh uji diukur lebarnya pada kedua sisi panjangnya, 25 mm dari tepi
3. Contoh uji diukur tebalnya pada keempat sudutnya, 25 mm dari sudutnya (pada titik persilangan pengukuran panjang dan lebar)

Lampiran 3. Nilai kerapatan dan kadar air papan partikel

	Ulangan	$m_a$ (g)	$m_b$ (g)	KA (%)	p (cm)	l (cm)	h (cm)	V (cm <sup>3</sup> )	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )
<b>C1P1</b>	1	73,24	67,45	8.584	9,993	10,140	1,295	131,221	0,558
	2	72,71	66,01	10.150	9,833	10,145	1,350	134,670	0,540
	3	70,57	64,58	9.275	9,908	10,055	1,320	131,505	0,537
<b>Rata-rata</b>				9,336					0,545
<b>C2P1</b>	1	81,8	74,42	9,917	9,935	10,220	1,320	134,027	0,610
	2	82,96	76,06	9,072	10,121	10,115	1,341	137,283	0,604
	3	79,35	71,43	11,088	9,919	10,070	1,311	130,948	0,606
<b>Rata-rata</b>				10,025					0,607
<b>C3P1</b>	1	79,9	71,93	11,080	9,893	9,992	1,281	126,628	0,631
	2	77,74	67,69	14,847	9,851	9,855	1,295	125,721	0,618
	3	77,58	68,18	13,787	9,981	9,825	1,334	130,816	0,593
<b>Rata-rata</b>				13,238					0,614
<b>C1P2</b>	1	79,47	74,18	7,131	10,155	9,580	1,210	117,715	0,675
	2	80,48	73,24	9,885	9,833	9,710	1,268	121,067	0,665
	3	81,9	76,53	7,017	10,150	9,660	1,290	126,483	0,648

Rata-rata				8,011					0,662
C2P2	1	79,4	72,45	9,593	9,828	10,060	1,168	115,480	0,688
	2	74,55	68,32	9,119	9,729	10,085	1,113	109,204	0,683
	3	72,94	67,19	8,558	9,738	9,970	1,135	110,195	0,662
Rata-rata				9,090					0,677
C3P2	1	77,31	68,94	12,141	9,810	10,230	1,173	117,718	0,657
	2	76,65	68,76	11,475	10,140	9,780	1,171	116,127	0,660
	3	71,72	64,21	11,696	10,001	9,860	1,180	116,360	0,616
Rata-rata				11,771					0,644

Keterangan:

$m_a$  = massa awal sebelum di oven

$m_b$  = massa akhir setelah di oven

KA = kadar air papan partikel

p = panjang contoh uji

l = lebar contoh uji

h = tebal contoh uji

v = volume contoh uji

p = kerapatan papan partikel

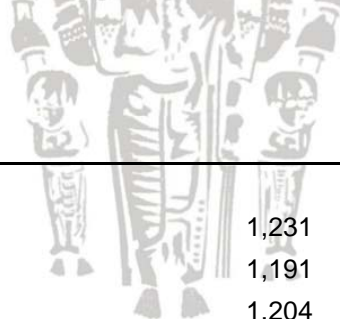




Lampiran 4. Nilai pengembangan tebal papan partikel

	Ulangan	T <sub>1</sub> (cm)	T <sub>2</sub> (cm)	PT (%)
<b>C1P1</b>	1	1,26	1,385	9,921
	2	1,351	1,48	9,548
	3	1,325	1,452	9,585
<b>Rata-rata</b>				9,685
<b>C2P1</b>	1	1,34	1,483	10,672
	2	1,325	1,458	10,038
	3	1,31	1,425	8,779
<b>Rata-rata</b>				9,829
<b>C3P1</b>	1	1,31	1,433	9,389
	2	1,33	1,51	13,534
	3	1,29	1,43	10,853
<b>Rata-rata</b>				11,259
<b>C1P2</b>	1	1,246	1,321	6,019
	2	1,235	1,33	7,692
	3	1,2	1,286	7,167






---

<b>Rata-rata</b>				6,959
------------------	--	--	--	-------

	1	1,231	1,32	7,230
--	---	-------	------	-------

<b>C2P2</b>	2	1,191	1,268	6,465
-------------	---	-------	-------	-------

	3	1,204	1,3	7,973
--	---	-------	-----	-------

<b>Rata-rata</b>				7,223
------------------	--	--	--	-------

	1	1,22	1,345	10,246
--	---	------	-------	--------

<b>C3P2</b>	2	1,24	1,36	9,677
-------------	---	------	------	-------

	3	1,19	1,318	10,756
--	---	------	-------	--------

---

<b>Rata-rata</b>				10,227
------------------	--	--	--	--------

---

Keterangan:

$T_1$  = tebal contoh uji sebelum direndam

$T_2$  = tebal contoh uji setelah direndam

PT = pengembangan tebal papan partikel

# Lampiran 5. Nilai modulus of elasticity (MOE) papan partikel

	Ulangan	b (cm)	h (cm)	L (cm)	$\Delta P$ (kg)	$\Delta Y$ (cm)	MOE (kg/cm <sup>2</sup> )
C1P1	1	4.9	1.29	15	7.75	0.878	708.037
	2	4.7	1.315	15	5.955	0.606	775.796
	3	4.785	1.325	15	7.016	0.822	646.997
Rata-rata							710.277
C2P1	1	5.028	1.29	15	8.076	0.466	1354.752
	2	4.52	1.285	15	3.508	0.364	847.860
	3	4.86	1.3	15	7.831	0.903	685.294
Rata-rata							962.635
C3P1	1	4.96	1.28	15	11.502	0.592	1575.991
	2	4.77	1.275	15	8.77	0.629	1189.909
	3	4.79	1.287	15	8.974	0.504	1471.290
Rata-rata							1412.397
C1P2	1	4.96	1.23	15	26.839	1.043	2352.333
	2	4.77	1.245	15	30.755	1.211	2327.871
	3	4.85	1.235	15	33.365	1.193	2582.985
Rata-rata							2421.063



**C2P2**

1	4.745	1.19	15	19.415	0.974	2103.367
2	4.68	1.21	15	22.352	0.773	2942.718
3	4.705	1.23	15	23.82	0.876	2620.454

**Rata-rata**

2555.513

**C3P2**

1	4.92	1.19	15	9.055	0.400	2303.755
2	5.12	1.175	15	13.787	0.346	4047.845
3	4.923	1.185	15	13.868	0.542	2635.381

**Rata-rata**

2995.660

**Keterangan:**

b = panjang contoh uji

h = tebal contoh uji

L = jarak sangga

 $\Delta P$  = perbedaan batas tertinggi dan terendah beban $\Delta Y$  = perubahan defleksi yang terjadi pada  $\Delta p$ 

MOE = Modulus of Elasticity



Lampiran 6. Nilai modulus of rupture (MOR) papan partikel

	Ulangan	b (cm)	h (cm)	L (cm)	Pmax (kg)	MOR (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>C1P1</b>	1	4.9	1.29	15	14.276	39.393
	2	4.7	1.315	15	12.4	34.329
	3	4.785	1.325	15	13.542	36.270
<b>Rata-rata</b>						36.664
<b>C2P1</b>	1	5.028	1.29	15	16.23	43.644
	2	4.52	1.285	15	11.095	33.448
	3	4.86	1.3	15	13.134	35.980
<b>Rata-rata</b>						37.690
<b>C3P1</b>	1	4.96	1.28	15	16.723	46.302
	2	4.77	1.275	15	14.439	41.897
	3	4.79	1.287	15	15.01	42.567
<b>Rata-rata</b>						43.588
<b>C1P2</b>	1	4.96	1.23	15	33.936	101.754
	2	4.77	1.245	15	37.281	113.452
	3	4.85	1.235	15	41.115	125.057
<b>Rata-rata</b>						113.421

<b>C2P2</b>	1	4.745	1.19	15	25.942	86.867
	2	4.68	1.21	15	27.002	88.667
	3	4.705	1.23	15	30.836	97.470
<b>Rata-rata</b>						91.001
<b>C3P2</b>	1	4.92	1.19	15	16.56	53.479
	2	5.12	1.175	15	21.21	67.511
	3	4.923	1.185	15	21.618	70.361
<b>Rata-rata</b>						63.784

Keterangan:

b = panjang contoh uji

h = tebal contoh uji

l = jarak sangga

$P_{max}$  = beban maksimum

$\Delta Y$  = perubahan defleksi yang terjadi pada  $\Delta P$

MOR = Modulus of Rupture



# Lampiran 7. Nilai Internal Bond (IB) papan partikel

	Ulangan	l (cm)	p (cm)	Bmax (kg)	IB (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>C1P1</b>	1	2.550	5.215	7.22	0.543
	2	2.530	5.140	8.484	0.652
	3	2.575	5.065	7.75	0.594
<b>Rata-rata</b>					0.597
<b>C2P1</b>	1	2.580	5.043	9.341	0.718
	2	2.590	5.130	7.913	0.596
	3	2.571	5.023	8.386	0.649
<b>Rata-rata</b>					0.654
<b>C3P1</b>	1	2.520	5.128	8.354	0.646
	2	2.420	5.110	7.668	0.620
	3	2.570	4.900	8.908	0.707
<b>Rata-rata</b>					0.658
<b>C1P2</b>	1	2.590	5.030	14.358	1.102
	2	2.560	5.000	16.968	1.326
	3	2.420	5.135	14.602	1.175
<b>Rata-rata</b>					1.201

<b>C2P2</b>	1	2.435	5.115	11.38	0.914
	2	2.550	5.060	12.4	0.961
	3	2.460	5.170	13.012	1.023
<b>Rata-rata</b>					0.966
<b>C3P2</b>	1	2.580	5.040	10.197	0.784
	2	2.420	5.100	11.054	0.896
	3	2.560	5.090	11.064	0.849
<b>Rata-rata</b>					0.843

Keterangan:

l = lebar contoh uji

p = panjang contoh uji

$B_{max}$  = beban maksimum

IB = Internal bond

## Lampiran 8. Analisis sidik ragam kerapatan papan partikel

### a. Analisis sidik ragam kerapatan papan partikel

	d B	JK	KT	F.Hit	F.Tab 5%	notasi
Perlakuan	5	0.034	0.007	27.541	3.106	*
Komposisi (C)	2	0.005	0.002	9.263	3.885	*
Jenis Perekat (P)	1	0.024	0.024	96.090	4.747	*
CP	2	0.006	0.003	11.546	3.885	*
Galat	12	0.003	0.0002			
Total	17	0.037				

(\*) berpengaruh nyata ( $P > 0.05$ )

### b. Tabel 2 Arah

	Limbah Tepung Porang (P1)	Tapioka (P2)	Rata-rata
C1 (TKKS 35% : BT 15%)	0.54 ± 0.01*	0.66 ± 0.01*	0.60
C2 (TKKS 25% : BT 25%)	0.61 ± 0.00*	0.68 ± 0.01*	0.64
C3 (TKKS 15% : BT 35%)	0.61 ± 0.02*	0.64 ± 0.02*	0.63
Rata-rata	0.59	0.66	

(\*) standar deviasi



## Lampiran 9. Analisis sidik ragam kadar air papan partikel

### a. Analisis sidik ragam kadar air papan partikel

	<b>dB</b>	<b>JK</b>	<b>KT</b>	<b>F.Hit</b>	<b>F.Tab 5%</b>	<b>notasi</b>
<b>Perlakuan</b>	5	55.452	11.090	7.889	3.106	*
<b>Komposisi (C)</b>	2	48.274	24.137	17.169	3.885	*
<b>Jenis Perekat (P)</b>	1	6.951	6.951	4.944	4.747	*
<b>CP</b>	2	0.227	0.114	0.081	3.885	tn
<b>galat</b>	12	16.870	1.406			
<b>total</b>	17	72.322				

(\*) berpengaruh nyata ( $P > 0.05$ )  
 (tn) berpengaruh tidak nyata ( $P > 0.05$ )

### b. Tabel 2 Arah

	<b>Limbah Tepung Porang (P1)</b>	<b>Tapioka (P2)</b>	<b>Rata-rata</b>
<b>C1 (TKKS 35% : BT 15%)</b>	9.34 ± 0.78*	8.01 ± 1.62*	8.67
<b>C2 (TKKS 25% : BT 25%)</b>	10.03 ± 1.01*	9.09 ± 0.52*	9.56
<b>C3 (TKKS 15% : BT 35%)</b>	13.24 ± 1.94*	11.77 ± 0.34*	12.50
<b>Rata-rata</b>	10.87	9.62	

(\*) standar deviasi

## Lampiran 10. Analisis sidik ragam pengembangan papan partikel

### a. Analisis sidik ragam pengembangan tebal papan partikel

	dB	JK	KT	F.Hit	F.Tab 5%	notasi
Perlakuan	5	44.556	8.911	7.660	3.106	*
Komposisi (C)	2	21.623	10.811	9.293	3.885	*
Jenis Perekat (P)	1	20.245	20.245	17.402	4.747	*
CP	2	2.689	1.344	1.155	3.885	tn
galat	12	13.961	1.163			
total	17	58.517				

(\*) berpengaruh nyata ( $P>0.05$ )

(tn) berpengaruh tidak nyata ( $P>0.05$ )

### b. Tabel 2 Arah

	Limbah Tepung Porang (P1)	Tapioka (P2)	Rata-rata
C1 (TKKS 35% : BT 15%)	$9.68 \pm 0.21^*$	$6.96 \pm 0.86^*$	8.32
C2 (TKKS 25% : BT 25%)	$9.83 \pm 0.96^*$	$7.22 \pm 0.75^*$	8.53
C3 (TKKS 15% : BT 35%)	$11.26 \pm 2.10^*$	$10.23 \pm 0.54^*$	10.74
Rata-rata	10.26	8.14	

(\*) standar deviasi

## Lampiran 11. Analisis sidik ragam MOE partikel

### a. Analisis sidik ragam MOE papan partikel

	dB	JK	KT	F.Hit	F.Tab 5%	notasi
<b>Perlakuan</b>	5	13241944.016	2648388.803	12.994	3.106	*
<b>Komposisi (C)</b>	2	1285783.200	642891.600	3.154	3.885	tn
<b>Jenis Perekat (P)</b>	1	11941032.360	11941032.360	58.589	4.747	*
<b>CP</b>	2	15128.456	7564.228	0.037	3.885	tn
<b>Galat</b>	12	2445717.233	203809.769			
<b>Total</b>	17	15687661.249				

(\*) berpengaruh nyata ( $P > 0.05$ )

(tn) berpengaruh tidak nyata ( $P > 0.05$ )

### b. Tabel 2 Arah

	Limbah Tepung Porang (P1)	Tapioka (P2)	Rata-rata
<b>C1 (TKKS 35% : BT 15%)</b>	710.28 ± 64.43*	2421.06 ± 140.76*	1565.67
<b>C2 (TKKS 25% : BT 25%)</b>	962.64 ± 349.18*	2555.51 ± 423.43*	1759.07
<b>C3 (TKKS 15% : BT 35%)</b>	1412.40 ± 199.67*	2995.66 ± 926.18*	2204.03
<b>Rata-rata</b>	1028.44	2657.41	

(\*) standar deviasi



## Lampiran 12. Analisis sidik ragam MOR papan partikel

### a. Analisis sidik ragam MOR papan partikel

	dB	JK	KT	F.Hit	F.Tab 5%	notasi
<b>Perlakuan</b>	5	15080.638	3016.128	62.410	3.106	*
<b>Komposisi (C)</b>	2	1368.275	684.137	14.156	3.885	*
<b>Jenis Perekat (P)</b>	1	11289.567	11289.567	233.604	4.747	*
<b>CP</b>	2	2422.795	1211.398	25.066	3.885	*
<b>galat</b>	12	579.932	48.328			
<b>total</b>	17	15660.570				

(\*) berpengaruh nyata ( $P > 0.05$ )

### b. Tabel 2 Arah

	<b>Limbah Tepung Porang (P1)</b>	<b>Tapioka (P2)</b>	<b>Rata-rata</b>
<b>C1 (TKKS 35% : BT 15%)</b>	36.66 ± 2.55*	113.42 ± 11.65*	75.04
<b>C2 (TKKS 25% : BT 25%)</b>	37.69 ± 5.31*	91.00 ± 5.67*	64.35
<b>C3 (TKKS 15% : BT 35%)</b>	43.59 ± 2.37*	63.78 ± 9.04*	53.69
<b>Rata-rata</b>	39.31	89.40	

(\*) standar deviasi

### Lampiran 13. Analisis sidik ragam MOR papan partikel

#### a. Analisis keragaman IB papan partikel

	dB	JK	KT	F.Hit	F.Tab 5%	notasi
<b>Perlakuan</b>	5	0.812	0.162	34.911	3.106	*
<b>Komposisi (C)</b>	2	0.067	0.033	7.179	3.885	*
<b>Jenis Perekat (P)</b>	1	0.606	0.606	130.345	4.747	*
<b>CP</b>	2	0.139	0.069	14.926	3.885	*
<b>galat</b>	12	0.056	0.005			
<b>total</b>	17	0.868				

(\*) berpengaruh nyata ( $P > 0.05$ )

#### b. Tabel 2 Arah

	Limbah Tepung Porang (P1)	Tapioka (P2)	Rata-rata
<b>C1 (TKKS 35% : BT 15%)</b>	$0.60 \pm 0.05^*$	$1.20 \pm 0.11^*$	0.90
<b>C2 (TKKS 25% : BT 25%)</b>	$0.65 \pm 0.06^*$	$0.97 \pm 0.05^*$	0.81
<b>C3 (TKKS 15% : BT 35%)</b>	$0.66 \pm 0.04^*$	$0.84 \pm 0.06^*$	0.75
<b>Rata-rata</b>	0.64	1.00	

(\*) standar deviasi

#### Lampiran 14. Dokumentasi penelitian



Cacahan serat TKKS



Serbuk batang tembakau  
yang sudah disaring



Pencampuran bahan baku



Pencetakan papan partikel



## Lampiran 14. Lanjutan



Hasil cetakan



Penjemuran dan pengkondisian



Uji kerapatan dan kadar air



Penimbangan sampel

## Lampiran 14. Lanjutan



Perendaman sampel



Pengujian MOE dan MOR



Kerusakan pada sampel papan



Pengujian internal bond